



**Universidade de Aveiro** Departamento de Engenharia Civil  
Ano 2009

**Ivone  
Bastos Reis**

## **EFICIÊNCIA HÍDRICA AO NÍVEL DA REDUÇÃO DE PERDAS**



**Ivone  
Bastos Reis**

## **Eficiência Hídrica ao Nível da Redução de Perdas**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Armando Baptista da Silva Afonso, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

*"A água é o princípio de todas as coisas."*

*Tales de Mileto*

## **o júri**

presidente

Prof. Doutor Douglas Barreto  
Professor do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

Prof. Doutor Paulo Barreto Cachim  
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Armando Baptista da Silva Afonso  
Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia  
Civil da Universidade de Aveiro

## **Agradecimentos**

Quero agradecer aos meus pais por nunca me faltarem com apoio, e ânimo em todos os momentos difíceis, ao longo deste desafio.

Ao Gabriel pelo apoio e carinho, nos bons e maus momentos.

Ao Professor Doutor Armando Silva Afonso por acreditar nas minhas competências e pelos bons ensinamentos.

E, finalmente uma palavra de agradecimento aos meus amigos, que de uma maneira ou de outra me apoiaram.

**palavras-chave**

Deperdícios, eficiência hídrica, redução de perdas de água.

**resumo**

O trabalho apresentado surge como resultado da necessidade da implementação do conceito da redução de perdas de água nas preocupações imperativas da sociedade portuguesa. Como tal, enquadra-se na proposta do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (Resolução do Conselho de Ministros nº 113/2005, de 30/6).

Dadas as exigências associadas à eficiência hídrica por parte das entidades governamentais e às questões da disponibilidade do recurso da água, considera-se a necessidade da implementação de contributos para a redução das perdas e desperdícios.

No decorrer do trabalho, procedeu-se à descrição dos diferentes tipos de perdas em edifícios, assim como de medidas para a sua minimização.

Finalmente apresenta-se um caso de estudo com a finalidade de redução das perdas de água, procedeu-se ao estudo de um sistema de retorno de água quente numa instalação sanitária, existente no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, como forma da redução de perdas e desperdícios.

**keywords**

Waste, water efficiency, water loss reduction.

**abstract**

The work presented outcomes from the need to implement the water loss reduction concept as an imperative concern of Portuguese society. As such, it forms part of the National Program for the Efficient Use of Water proposal (Resolution of Ministers Council No. 113/2005 of 30 / 6).

Given the requirements by the government related to water efficiency and the issues around water resource availability, it is important to implement our own contribution to reduce losses and waste. During the work, we describe different types of losses that can be seen in buildings, as well as measures to minimize them.

Finally we present a case study that purposes water losses reduction, carrying out a study for a hot water return system in a bathroom of the Civil Engineering Department of the University of Aveiro, as a means of reducing losses.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 - PREFÁCIO.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introdução .....	1
1.2. Objectivos .....	2
1.3. Organização da Dissertação.....	3
1.4. Resultados Esperados .....	3
<b>CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>5</b>
2.1. Conceito de perda de água .....	5
2.2. Perdas nas redes públicas de abastecimento .....	6
2.3. Redução das perdas nas redes de abastecimento público .....	7
2.4. Perdas no sistema predial.....	21
<b>CAPÍTULO 3 - REDUÇÃO DAS PERDAS NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS.....</b>	<b>26</b>
3.1. Detecção de perdas reais .....	26
3.2. Perdas Inconscientes e desperdícios .....	29
3.3. Sistemas prediais de água quente.....	29
3.3.1. Finalidade de uso e temperatura de água.....	29
3.3.2. Classificação dos sistemas prediais de água quente .....	30
3.3.3. Sistemas com aquecimento solar .....	35
3.3.4. Sistemas de circulação e retorno .....	38
3.3.5. Vantagens e desvantagens dos sistemas de retorno.....	44
3.4. Perdas em sistemas de rega de jardins .....	46
3.5. Isolamento de tubagens.....	53
3.5.1. Introdução .....	53
3.5.2. Critérios a ter em conta para a espessura do isolamento .....	54
3.6. Torneiras temporizadas e de sensor .....	57
3.7. Notas conclusivas .....	58
<b>CAPÍTULO 4 - CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>61</b>
4.1. Introdução .....	61
4.2. Dados Relevantes da instalação .....	61
4.2.1. Abastecimento de água.....	61
4.2.2. Distribuição de águas.....	61
4.2.3. Processo de produção de água quente .....	61
4.2.4. Dispositivos sanitários.....	61
4.3. Análise .....	62



4.4.	Bases e critérios de dimensionamento.....	63
4.4.1	Introdução .....	63
4.4.2	Caudais.....	65
4.4.3	Diâmetros .....	66
4.4.4	Perdas de Carga.....	66
4.4.5	Pressões.....	67
4.4.6	Cálculos.....	67
4.4.7	Circuito de retorno .....	68
4.4.8	Dimensionamento da bomba de retorno .....	71
4.4.9	Cálculo da dilatação térmica linear .....	73
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES.....</b>		<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>77</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE**

Figura 2.1 – Componentes do balanço hídrico e pontos de controlo de caudal (9).....	10
Figura 2.2 – Pontos frequentes de perdas nas redes de abastecimento.....	18
Figura 2.3 – Pontos frequentes de perdas em ramais. ....	19

### **CAPÍTULO 3 - REDUÇÃO DAS PERDAS NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS**

Figura 3.1 – Descrição da técnica de sucção de água.....	26
Figura 3.2 – Tipos de mostrador.....	27
Figura 3.3 – Verificação do depósito na bacia de retrete. ....	27
Figura 3.4 – Sensor de detecção de fugas de água. ....	28
Figura 3.5 – Mecanismo de aquecimento de água individual a electricidade (www.ecivilnet.com). ....	31
Figura 3.6 – Aquecedor de passagem a gás.....	32
Figura 3.7 – Sistema central privado de água quente. ....	32
Figura 3.8 – Esquema central privado de abastecimento de água quente. ....	33
Figura 3.9 – Sistema central colectivo com distribuição descendente. ....	34
Figura 3.10 – Sistema central colectivo com distribuição ascendente. ....	35
Figura 3.11 – Sistema central colectivo com distribuição mista. ....	35
Figura 3.12 – Componentes de um painel solar. ....	37
Figura 3.13 – Esquema típico de instalação de equipamento solar (Fonte:ADENE).....	38
Figura 3.14 – Sistema de retorno de água quente tradicional.....	40
Figura 3.15 – Sistema de retorno utilizando a linha de água fria. ....	41
Figura 3.16 – Sistema de retorno por termosifão. ....	42
Figura 3.17 – Comparação dos sistemas a) tradicional e b) Tubo duplo (retorno interno) .....	43
Figura 3.18 – Componentes do sistema de retorno interno (21). ....	44
Figura 3.19 – Exemplo de um sistema recirculação .....	45
Figura 3.20 – Rega por aspersão .....	50
Figura 3.21 – Esquema de funcionamento de uma válvula de fecho automático .....	51
Figura 3.22 – Rega gota a gota.....	52
Figura 3.23 – Isolamento de tubagem (Armacell).....	53
Figura 3.24 – Torneira hidromecânica (Sanidusa) .....	57

Figura 3.25 – Torneira de sensor (modelo Hytronic da Geberit).....	58
--	----

## **CAPÍTULO 4 - CASO DE ESTUDO**

Figura 4.1 – Planta da distribuição de águas sanitárias.....	62
Figura 4.2 – Caudal de cálculo em função do caudal total (expresso em $LU$ ), de acordo com a EN 806-3. ....	64
Figura 4.3 – Determinação do caudal de cálculo. ....	65
Figura 4.4 – Tabela de dimensionamento aço inox para nível de conforto normal (26). ....	66
Figura 4.5 – Sistema de distribuição de águas com a implementação do sistema de retorno..	70
Figura 4.6 – Curva característica da bomba para a circulação de água quente (modelo confort, Grundfos). ....	72
Figura 4.7 – Bomba a aplicar no sistema de circulação de água quente.....	73

## ÍNDICE DE TABELAS

### **CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE**

Tabela 2.1 – Perdas reais por subsistema (origem e extensão) (14).....	16
Tabela 2.2 – Perdas físicas nos sistemas de distribuição.....	21
Tabela 2.3 – Perdas em torneiras e autoclismos (15). ....	22
Tabela 2.4 – Impacto de uma perda no consumo mensal de água de um agregado familiar (16). ....	22

### **CAPÍTULO 3 - REDUÇÃO DAS PERDAS NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS**

Tabela 3.1 – Temperaturas idealizadas para os diferentes usos (16). ....	29
Tabela 3.2 – Valores de referência de espessuras de isolamento para tubagens segundo a regulamentação portuguesa. ....	55

### **CAPÍTULO 4 - CASO DE ESTUDO**

Tabela 4.1 – Caudais mínimos e caudais de projecto nos dispositivos de utilização convertidos em unidades de carga (EN .806-3). ....	64
Tabela 4.2 – Somatório das unidades de carga dos dispositivos existentes. ....	65
Tabela 4.3 – Cálculo dos caudais e diâmetros da tubagem de alimentação de água quente. ...	67
Tabela 4.4 – Cálculo das perdas de cargas e verificações das pressões mínimas nos dispositivos. ....	68
Tabela 4.5 – Cálculo do circuito de retorno. ....	70
Tabela 4.6 – Tabela de verificação de velocidades no circuito de retorno.....	71
Tabela 4.7 – Determinação das perdas de carga e verificação das pressões .....	71

# CAPÍTULO 1 - PREFÁCIO

## 1.1. Introdução

A água é unanimemente considerada como um recurso cada vez mais escasso.

Tal como todos os outros elementos essenciais à vida, a água faz parte de complexos ciclos biogeoquímicos, que a mantêm em permanente circulação, entre os diversos compartimentos identificáveis no seu ciclo planetário. No entanto, apesar da quantidade existente na Terra permanecer inalterada, a sua crescente utilização e poluição, são questões inquietantes.

A problemática da água está inserida num amplo contexto, em que vários factores reduzem a eficiência nos usos ao longo do seu ciclo hidrológico, contribuindo para a sua escassez.

Portugal é o sexto maior consumidor mundial de água per capita, o que revela uma baixa eficiência no seu uso. Os estudos concluídos pelo Governo, em 2001, apontaram para um desperdício anual da ordem dos 3100 milhões de m<sup>3</sup>/ano de água captada, que equivale, em valor, a 0,64% do produto interno bruto. Sensivelmente metade deste valor é relativo a ineficiências no abastecimento urbano (sistemas públicos e prediais).

Devido à intensificação do consumo de água, tornou-se necessário estabelecer normas e leis para disciplinar a utilização dos recursos hídricos, nos diversos segmentos da sociedade. Para tal, surgiram planos e legislação diversa visando implementar responsabilidades relativamente às questões da água, nomeadamente, o PEAASAR, o PNUEA, a Directiva Quadro da Água, etc.

Os impactos devidos à dificuldade do acesso à água potável no nosso planeta são já, bem visíveis na população mundial, dos quais se pode salientar (1):

- Cerca de novecentas mil pessoas não têm acesso a água potável;
- Mais de dois mil milhões e meio de pessoas, ou seja, duas em cada cinco pessoas, não dispõem de saneamento básico;
- Cerca de um terço das doenças mundiais devem-se a problemas ambientais, como é o caso da contaminação da água.

Devido a estes factores, durante finais do século XX e início do Século XXI a água deixou de ser abundante, tornando-se num bem escasso, tendo reflexos na economia mundial, prevendo-se, que tal importância aumente e que grande parte da população seja afectada por tais motivos.

Combater o desperdício de água em Portugal é, nesta altura, um investimento oportuno e imprescindível.

A gestão do uso da água como meio de preservar os recursos hídricos e ambientais, tem de ser efectuado segundo três níveis (2):

- Macro: abrangendo os sistemas hidrográficos;
- Meio: abrangendo os sistemas públicos de abastecimento de água e saneamento;
- Micro: abrangendo os sistemas prediais.

A implementação de acções macro de conservação de água ocasiona grandes reduções no consumo de água. Além dos significativos resultados na economia do recurso, não proporcionam apenas aos sistemas prediais, mas também ganhos surpreendentes ao nível dos sistemas hidrográficos e, conseqüentemente à população que se abastece dessa fonte.

## 1.2. Objectivos

O desenvolvimento deste trabalho contextualiza-se no quadro das preocupações da sociedade actual, no alargamento aos vários sectores de medidas de sustentabilidade ambiental.

Na sequência da problemática relativa à sustentabilidade da água, pretende-se com esta dissertação, desenvolver métodos que permitam reduzir os desperdícios e as perdas da mesma nos sistemas prediais, incluindo a análise do interesse de incorporar sistemas de retorno.

Torna-se evidente o quão urgente é reflectir sobre o uso da água no ciclo predial, assim como implementar novos modelos, propondo-se, como base para essa actuação, uma adaptação do conhecido princípio dos 3R (Reduzir, Reutilizar, Reciclar), enunciado para os resíduos no 5ª Programa de Acção em Matéria de Ambiente da União Europeia (3).

Em relação à água, revela-se adequado definir um princípio de 5R's (4), dado que, para além da *Redução* dos consumos, da *Reutilização* da água, da *Reciclagem* da água, e do *Recurso* a origens alternativas, é importante considerar também, a *Redução* de perdas, que representarão

o objecto de estudo desta dissertação. Estes 5R caracterizam, o Quadro geral em que se devem basear as políticas do uso eficiente da água (3).

No decorrer da exposição deste trabalho serão referidas as perdas de água de um modo mais prorrogado.

Este trabalho enquadra-se na proposta do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (Resolução do Conselho de Ministros nº 113/2005, de 30/6), que sugere a implementação da redução de perdas, em sistemas de abastecimento.

### **1.3. Organização da Dissertação**

A presente dissertação está organizada em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo é apresentada uma introdução, sucedendo-se a apresentação dos objectivos deste trabalho.

No Capítulo 2 são apresentadas noções acerca da realidade das perdas de água, abordas tanto a nível público como predial, assim como dos modos para a sua restrição.

No Capítulo 3 faz-se a abordagem dos diferentes tipos de perdas de água, a nível predial, consoante os diferentes tipos de utilização.

O Capítulo 4 contempla um estudo mais aprofundado acerca das perdas de água no sistema predial, realizando-se para tal um caso de estudo, onde se pretende implementar um sistema de retorno de água quente no Departamento de Engenharia Civil.

Finalmente no Capítulo 5 são apresentadas algumas considerações finais, referentes ao trabalho desenvolvido, assim como de propostas para futuras investigações.

### **1.4. Resultados Esperados**

Este trabalho tem como principal intuito, a criação de um contributo que possibilite a redução de perdas de água, principalmente ao nível das instalações prediais, contribuindo deste modo para a eficiência hídrica de edifícios.

## CAPÍTULO 2 - ESTADO DA ARTE

### 2.1. Conceito de perda de água

O conceito de “perdas de água” pode ser facilmente compreendido tendo por base termos utilizados em economia, definindo-se “perda” como “bens ou recursos consumidos mas não incorporados no produto final”.

A quantidade de água consumida num edifício pode ser descrita pela seguinte expressão (5):

$$\text{Consumo} = \text{Uso} + \text{Perda} + \text{Desperdício}.$$

Nos sistemas prediais a avaliação da utilização de água deve considerar obrigatoriamente o binómio (qualidade/quantidade). A expressão acima referida aplica-se assim para uma condição de “águas” com qualidade equivalente, segundo critérios técnicos.

A categoria *uso* compreende a quantidade de água necessária à realização de determinada actividade. No entanto, é necessário referir que não se pretende avaliar, em primeira análise, o modo de uso, do ponto de vista de maior ou menor eficiência hídrica.

Sob a parcela de *perda* enquadram-se as deficiências de um determinado sistema que levam à perda física/real de água. As perdas representam uma porção de água não utilizada e que não pode ser aproveitada ou reaproveitada num dado momento, devido a limitações ou impossibilidades do sistema de drenagem.

A fracção de *desperdício* compreende basicamente as perdas evitáveis, ou seja, que podem estar relacionadas com o uso da água de modo negligente, ou associadas a um deficiente funcionamento geral dos sistemas prediais de água. Um exemplo típico de desperdício, é o caso de uma torneira que permanece desnecessariamente aberta entre utilizações.

Na presente dissertação analisa-se, de acordo com os conceitos anteriores, as “perdas” e “desperdícios”, excluindo deste âmbito a intervenção que visa o aumento da eficiência hídrica de dispositivos.



## 2.2. Perdas nas redes públicas de abastecimento

A disponibilidade dos recursos hídricos é, actualmente objecto de preocupação generalizada. A irregular distribuição demográfica, a poluição doméstica, industrial e agrícola e a disponibilidade insuficiente de recursos nas áreas de maior necessidade, fazem aumentar as pressões sobre as reservas de água doce disponíveis.

A redução e controlo das perdas de água estão a tornar-se cada vez mais relevantes, devido ao aumento da procura de água e da mudança dos padrões climáticos.

Muitos dos serviços públicos de abastecimento de água têm vindo a desenvolver novas estratégias para reduzir as perdas. O contínuo crescimento demográfico, conduz à necessidade de ampliação das redes de abastecimento e captação de água mas, ao nível das entidades de saneamento, perdura a tendência de sobrevalorizar a construção em detrimento da manutenção e operacionalidade. A frequente ampliação das redes torna-se, no principal ponto de investimento, deixando de lado as actividades de manutenção.

A deterioração das estruturas e dos equipamentos surge com o tempo e quando ocorre, deve ser reparada de imediato. Nos sistemas de abastecimento as perdas de água ocorrem desde a captação até à distribuição e devem-se, principalmente, à operação e manutenção deficientes. As perdas de água num sistema de abastecimento podem ser estimadas através de comparações entre o volume de água transferido num ponto do sistema e o volume de água recebido num ou mais pontos da rede a jusante, situados na área de influência da mesma.

Nas redes de abastecimento público, as perdas de água correspondem geralmente aos consumos não contabilizados. Essas perdas abrangem não só as perdas reais, correspondentes ao volume de água não consumido, mas também as perdas aparentes, que representam a água consumida mas não facturada (parcela esta designada geralmente por “fuga”).

As *perdas reais* representam o volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga. Apesar das perdas físicas localizadas a jusante do contador do cliente se encontrarem geralmente excluídas do cálculo das *perdas reais*, são muitas vezes significativas e relevantes para a entidade gestora, em particular quando não há medição (6).

As *perdas aparentes* são a parcela das perdas que contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, assim como também o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito). Os registos por defeito dos medidores de água produzida, bem como registos por excesso em contadores de clientes, levam a uma subavaliação das *perdas reais*.

Nas redes de abastecimento, onde o índice de micro medição em Portugal se aproxima dos cem por cento, onde as ligações clandestinas à rede não têm grande relevância, e onde existe programação permanente eficaz e manutenção preventiva dos contadores e combate às fraudes nos micromedidores e ramais clandestinos, as perdas mensuráveis tendem a aproximarem-se das perdas reais de água (7).

Nos sistemas prediais, na generalidade, é frequente existirem desperdícios de água nos sistemas de rega e dispositivos sanitários. A causa mais frequente para tais ocorrências deve-se, essencialmente a deficiente manutenção e maus hábitos por parte dos utentes.

### **2.3. Redução das perdas nas redes de abastecimento público**

A perda de água nos sistemas de distribuição, é um problema que ocorre na maioria das zonas urbanas em todo o mundo. Todavia tende a tomar proporções alarmantes nas áreas onde a água é escassa, como em Barcelona que, é um exemplo de uma grande cidade onde já se deu início a programas para a redução de perdas. Para tal, diversas instituições de água e saneamento procederam à implementação de estratégias e tecnologias de controlo para as perdas de água (8).

A implementação de uma política de controlo de perdas, requer o uso de conceitos comuns entre todos os agentes do sistema (9). Noções distintas articuladas a um mesmo termo, ou termos diferentes associados ao mesmo conceito, estão frequentemente na base de interpretações e decisões erróneas.

Como tal, faz-se referência aos principais conceitos básicos, associados às componentes do balanço hídrico, e à terminologia recomendada, de forma a clarificar a interpretação. Os conceitos apresentados são os preconizados em (9).

*Água captada*: volume anual de água obtida a partir de captações de água bruta para entrada em estações de tratamento de água (ou directamente em sistemas de adução e de distribuição).

*Água bruta, importada ou exportada:* volume anual de água bruta transferido de ou para outros sistemas de adução e distribuição (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto entre a captação e a estação de tratamento).

*Água fornecida ao tratamento:* volume anual de água bruta que aflui às instalações de tratamento.

*Água produzida:* volume anual de água tratada que é fornecida às condutas de adução ou directamente ao sistema de distribuição. O volume anual de água sem tratamento prévio que é distribuído aos consumidores também deve ser contabilizado como água produzida.

*Água tratada, importada ou exportada:* volume anual de água tratada transferido de ou para o sistema (as transferências podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento). Caso exista, o volume anual de água sem tratamento prévio que é captado e distribuído aos consumidores também deve ser contabilizado como “água tratada” no contexto do balanço hídrico.

*Água fornecida à adução:* volume anual de água tratada que aflui ao sistema de adução.

*Água fornecida para distribuição:* volume anual de água tratada que aflui ao sistema de distribuição.

*Água fornecida para distribuição directa:* volume de água correspondente à diferença entre a água fornecida para distribuição e a água tratada exportada (sempre que não seja possível separar a adução da distribuição, a água fornecida para distribuição directa corresponde à diferença entre a água fornecida à adução e a água tratada exportada).

*Água entrada no sistema:* volume anual introduzido na parte do sistema de abastecimento de água que é objecto do cálculo do balanço hídrico.

*Consumo autorizado:* volume anual de água, medido ou não medido, facturado ou não, fornecido a consumidores registados, a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo para usos domésticos, comerciais ou industriais e à própria entidade gestora. Inclui a água exportada.

Nota (1): O consumo autorizado pode incluir água para combate a incêndio, lavagem de condutas e colectores, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação de fontes e fontanários, protecção contra congelação, fornecimento de água para obras, etc.

Nota (2): O consumo autorizado inclui as fugas e o desperdício, por parte de clientes registados, que não são medidos.

*Perdas de água:* volume de água correspondente à diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado. As perdas de água podem ser calculadas para todo o sistema ou para subsistemas, tais como a rede de água não tratada, o sistema de adução, o sistema de distribuição ou zonas do sistema de distribuição. Em cada caso as componentes do cálculo devem ser consideradas em conformidade com a situação.

*Água não facturada:* volume de água correspondente à diferença entre os totais anuais da água entrada no sistema e do consumo autorizado facturado. A água não facturada inclui não só as perdas reais e aparentes, mas também o consumo autorizado não facturado.

A gestão de caudais consiste numa das actividades de maior importância no contexto da operação dos sistemas. Apenas se consegue gerir bem, aquilo que é conhecido, sendo assim é indispensável a medição fiável de caudais em pontos fulcrais da rede. A Figura 2.1 ilustra os principais pontos de controlo de caudal onde, preferencialmente, se deveriam realizar medições credíveis. Destes, os principais são os pontos de entrada e de saída de água dos principais subsistemas, incluindo a medição em todos os locais de consumo (9).

Consequentemente a medição realizada para os efeitos de gestão dos sistemas públicos, tem grande utilidade para o controlo das perdas de água.

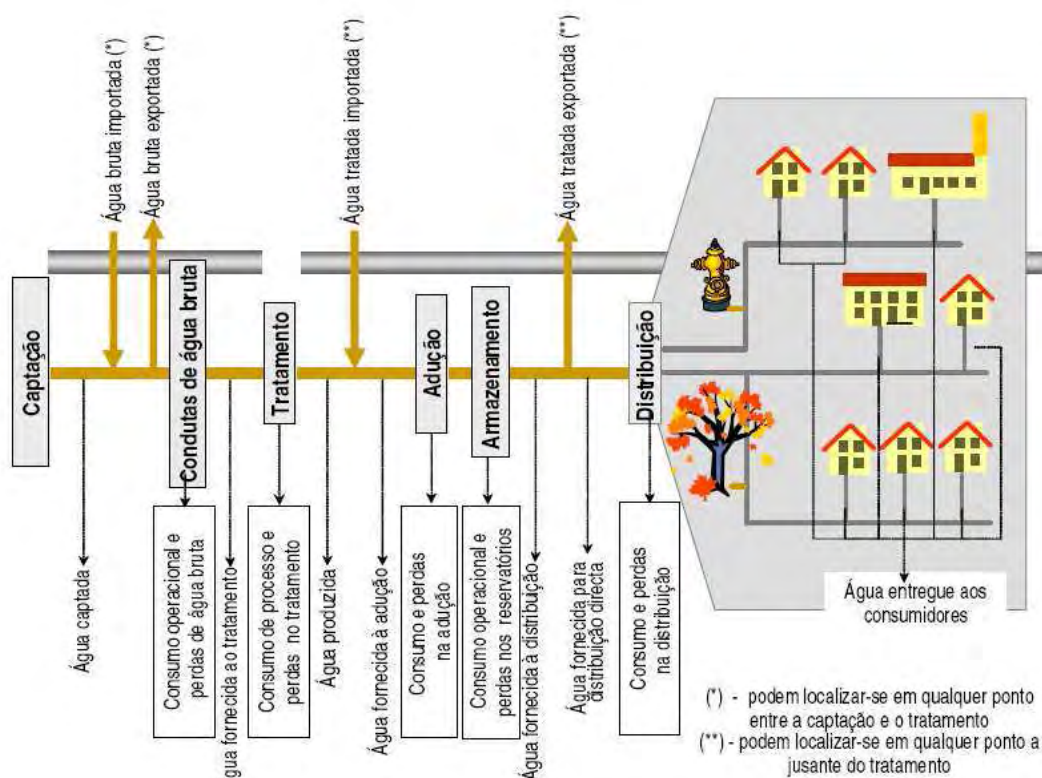


Figura 2.1 – Componentes do balanço hídrico e pontos de controlo de caudal (9)

Segundo (10), nos sistemas de adução e distribuição, as perdas de água, correspondem à água que não é debitada nem utilizada, mas que é captada, tratada, e transportada em infra-estruturas com elevados custos de manutenção e operação.

Não existem sistemas de distribuição de água totalmente estanques, nem sistemas que consigam medir caudais 100% exactos, pelo que a ocorrência de perdas de água é inevitável. No entanto, as perdas elevadas têm consequências económicas e ambientais negativas (11) e (9).

Deve-se ter em atenção a avaliação das perdas de água, visto que, estas são determinantes para a concepção e dimensionamento das infra-estruturas, constituintes de um sistema de abastecimento.

No entanto, há que ser prudente na consideração das perdas ao longo de todo o sistema (adução, tratamento, distribuição), visto que a noção de perda abrange uma componente com implicações físicas e uma outra com implicações financeiras.

A água que entra no sistema pode subdividir-se, no que respeita ao seu destino, em consumo autorizado e em perdas. O consumo autorizado pode ser ou não medido, e pode ou não ser facturado. Segundo (12) considera que as perdas não devem ser englobadas nas captações

(por esse motivo são designadas como “capitações no consumidor”), mas antes ser consideradas autonomamente.

As perdas de água ocorrem em todas as fases do abastecimento de água, desde a sua captação até ao consumidor final, passando pelo armazenamento e tratamento. Em cada fase, as diferentes condições fazem prevalecer um ou outro tipo de perda, o que implica acções mais adequadas para combater cada uma dessas perdas.

As perdas numa rede de abastecimento podem ser estimadas através da comparação entre o volume de água transferido de um ponto do sistema e o volume de água recebido num ou mais pontos do sistema, situados na área de influência do ponto de transferência. A perda total no sistema em questão é frequentemente a mais estimada, medindo-se o caudal de saída das estações de tratamento de água, as ETA's (estações de tratamento de água), durante um período de tempo, e comparadas com os volumes legítimos medidos na rede de distribuição no período considerado. Deve notar-se que, medindo-se dessa forma, não se distingue as perdas reais das perdas aparentes. É também importante referir que não há um consenso entre as companhias de saneamento. A tentativa de se generalizar o assunto tem vindo a ser desenvolvida por especialistas de todo o mundo.

Conforme se enuncia em (9), as perdas de água reais dependem de um conjunto de factores locais que são determinantes em termos dos resultados que poderão vir a ser obtidos pela aplicação de estratégias alternativas para o controlo das perdas de água reais. Estes factores, devem ser claramente caracterizados. A sua identificação é sempre determinante para a escolha dos indicadores de desempenho técnico. Assim sendo, segundo o referido autor, transcreve-se uma lista de possíveis factores que influenciam as perdas reais:

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- A pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total de condutas;
- O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;

- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (factor muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

Realçam-se, pela sua relevância, dois pontos cruciais: a classificação das componentes das perdas reais e a influência das pressões de serviço.

O controlo de pressão é, portanto um dos elementos mais importantes na estratégia de controlo das perdas reais. A redução de pressão é provavelmente, a medida mais simples e com eficácia evidente na acção da redução das perdas reais nos sistemas de distribuição de água.

A título de exemplo, na cidade de Takamatsu (Japão), a implantação de um sistema de controlo de pressões permitiu a redução em 23%, o volume de perdas reais do sistema de abastecimento de água. Este valor foi conseguido em função da limitação de pressões durante o período nocturno, para valores não superiores a 40 mca. A implementação deste sistema, permitiu por outro lado, a redução da ocorrência de escoamentos e rebentamentos nas condutas, conseguindo-se assim a redução de 29% de ocorrências na rede e de 33% nas linhas principais (13). O mesmo autor refere também que foram recolhidos pela Bristol Water Co. (Reino Unido) resultados expressivos, numa determinada zona, para servir novos clientes situados em pontos remotos. Observou-se que um acréscimo de pressão de 41 para 51 mca gerou um acréscimo de perdas de cerca de 10%.

A redução de pressões pode ter, na rede pública e/ou na rede predial, os seguintes benefícios:

- Redução do volume perdido através dos escoamentos;
- Redução do consumo, directamente relacionado com pressão, tais como: lavagem de carros e pátios, irrigação de jardins, etc;
- A estabilização da pressão diminui a possibilidade de fadiga das tubulações inclusive das instalações internas dos usuários;
- Estabelece um provimento mais constante ao utente, uma vez que as grandes variações de pressão ao longo do dia podem suscitar da parte do cliente a sensação de um abastecimento deficiente e, pressões desnecessariamente elevadas proliferam a expectativa errónea de que o abastecimento está adequado;
- Permite regular a procura em casos de racionalização.

Não pode deixar de se salientar, contudo, que a redução de pressões pode ter reflexos no nível de conforto das instalações.



O estudo mais aprofundado das perdas reais pode ser alcançado, identificando as suas componentes, do seguinte modo:

*Perdas de base* – ocorrem através de pequenas fugas, indetectáveis com os equipamentos de detecção correntemente disponíveis; são tipicamente caracterizadas por caudais baixos, longa duração e grandes volumes.

*Perdas por roturas reportadas* – são tipicamente caracterizadas por caudais altos, curta duração e volumes moderados.

*Perdas por roturas passíveis de identificação através da detecção activa de fugas* – são tipicamente caracterizadas por caudais médios e duração e volumes, dependentes da política de controlo activo de perdas seguida.

Relativamente às perdas aparentes, estas são referentes essencialmente a consumos não autorizados e a erros de medição, podendo ser devidas a causas variadas. Os factores contextuais a ter em conta dependem na natureza de cada causa.

As perdas aparentes relativas a consumos não autorizados contemplam o estabelecimento e uso de ligações ilícitas e a utilização fraudulenta de hidrantes, localizadas quer em locais públicos quer particulares.

O uso de ligações ilícitas ocorre principalmente em áreas com construção clandestina e em áreas com baixa segurança. Embora o contexto externo inevitavelmente afecte os resultados, a entidade gestora pode aplicar algumas medidas para mitigar os efeitos destas situações.

O uso fraudulento de hidrantes é um problema que necessita de ser resolvido, inicialmente, a nível institucional. Há localidades onde é frequente o procedimento de enchimento de tanques de veículos para rega ou lavagem de ruas nos marcos de incêndio que, à partida, deveriam ser operados exclusivamente pelos serviços de bombeiros. Cabe à entidade gestora agir para alterar estas situações, bem como para garantir a protecção e adequada manutenção de bocas de rega e de incêndio. Há certamente factores contextuais que não são da sua responsabilidade, mas à entidade gestora cabe alertar e tentar influenciar as entidades competentes propondo, por exemplo, procedimentos alternativos.



O sistema de protecção contra incêndio no interior dos edifícios não dispõe em regra de contador, para evitar a ocorrência das respectivas perdas de carga localizadas. É relativamente vulgar a ocorrência de usos fraudulentos dos dispositivos de incêndio destes sistemas.

Cabe à entidade gestora definir procedimentos para minorar a probabilidade destas ocorrências, quer ao nível dos equipamentos e soluções construtivas autorizadas quer ao nível dos sistemas de detecção de fraudes.

As perdas aparentes relativas a erros de medição contemplam:

- Erros de medição dos contadores em condições normais de medição;
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura ou registo;
- Erros de medição por avaria (“natural” ou por profanação do equipamento);
- Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores (dentro das habitações).

O controlo das primeiras três causas referidas depende da acção da entidade gestora, não havendo factores contextuais relevantes a assinalar. Nos casos dos erros de medição por avaria, a entidade gestora pode agir para detectar com celeridade as ocorrências e reduzir a sua frequência, embora o contexto externo possa por vezes dificultar a acção. Chama-se a atenção para duas causas habituais de sub contagem significativa: existência de reservatórios domiciliários que amortecem o diagrama de consumo e fazem com que o caudal que passa no contador seja muito baixo, com erros de medição muito elevados; existência de fugas ou extravasamentos dentro das habitações, a que correspondem consumos expressivos mas constantes no tempo, com caudais instantâneos baixos, susceptíveis de sub contagem.

Nestes casos, cabe à entidade gestora proceder a acções de sensibilização dos cidadãos e implementar outras medidas de incentivo à mobilização dos clientes como agentes activos do processo.

A última causa de perdas aparentes referida (dificuldade de acesso aos contadores), é dificilmente controlada pela entidade gestora, que poderá estimular a realização de auto-leituras, combinar horários de leitura com os clientes e requerer alterações aquando da realização de obras na habitação que incluam os sistemas prediais de água. A telemedição nos domicílios, a preços competitivos abre novas portas para muitas situações, sendo esta uma delas. (6)

Relativamente às perdas reais na rede de distribuição, verifica-se o registo de maior quantidade de ocorrências (perdas) ao nível dos ramais prediais. É de referir que nem sempre significa que seja a maior perda em termos de volume. Em termos de volume, as maiores perdas reais na rede de distribuição, ocorrem por extravasamento dos reservatórios, por perdas nas adutoras de água tratada e nas condutas da rede de distribuição.

Como anteriormente se referiu, num sistema de abastecimento as perdas reais totais de água ocorrem entre a captação de água bruta e o contador do consumidor. Estas incluem as perdas desde a captação e adução de água bruta, tratamento, etc., até ao contador do consumidor.

Estas perdas são constituídas por escoamento visíveis ou não, existentes ao longo das tubagens (adutoras, redes de distribuição e ramais prediais), e instalações (estações de tratamento, reservatórios e estações elevatórias); pelas descargas excedentes e de limpeza, lavagens de filtros, etc., quando empregues volume superiores ao estritamente necessário para a operação eficaz do sistema.

A redução das perdas reais permite assim diminuir os custos de operação e manutenção do sistema, de forma a optimizar o funcionamento das instalações existentes, proporcionando o aumento da oferta de água tratada sem que para isso haja ampliação do sistema de produção.

De forma a possibilitar um domínio efectivo do sistema de abastecimento, é necessário criar partições de controlo. Estas partições devem ser vedadas, isto é, não deve haver união das águas de diferentes partições.

As causas e extensão das perdas, assim como do carácter das acções para controlo, podem ser sensivelmente diferentes para os diversos componentes de um sistema de abastecimento de água. Segundo (7), pode-se decompor o programa de controlo de redução de perdas nos seguintes subsistemas:

- Adução de água: compreende a captação e adução da água bruta na fonte;
- Tratamento: ETA ou unidade de tratamento simplificado;
- Armazenamento;
- Adução de água tratada: consiste nas adutoras e subadutoras de água tratada e instalações de bombagem;
- E distribuição: consiste na rede de distribuição de água tratada e ramais prediais.

A subdivisão dos sistemas, segundo (7), facilita o diagnóstico das perdas no sistema de abastecimento e serve como guia para acções preventivas e correctivas. O mesmo autor afirma que as perdas nas estações de tratamento de água ocorrem de modo concentrado, mesmo que sejam percentualmente pequenas em termos de vazão, estas podem proporcionar retornos rápidos com simples melhorias de operacionalidade, ou reparos estruturais. Por exemplo a nível da distribuição, incluindo os ramais, as perdas são muitas vezes elevadas, sendo estas também bastante dispersas.

A origem e a extensão das perdas reais por subsistema podem ser representadas de modo esquemático, apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Perdas reais por subsistema (origem e extensão) (14).

	Fracção do sistema	Origem da Perda	Extensão
Perdas reais	Captação de água bruta	Perda nas tubagens Limpeza do poço de bombagem*	Variável, dependente do estado das instalações
	Estação de Tratamento	Perdas na estrutura Limpeza de filtros* Descarga de lamas	Significativa, em função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Armazenamento	Limpeza* Perdas estruturais Extravasamentos	Variável, em função do estado das instalações e da eficiência de operação
	Adução	Descargas Limpeza do poço de bombagem* Perdas na tubagem	Variável, em função do estado das tubagens e da eficiência operacional
	Distribuição	Perdas na rede Perdas nos ramais Descargas	Significativa, em função do estado das tubagens e principalmente das pressões

(\*) Considera-se perda toda a água excedente à necessária para a acção.

As perdas reais na captação/adução de água correspondem à água utilizada para as limpezas gerais, incluindo o poço de bombagem.

A componente que apresenta mais importância é a das perdas na adução, em função do estado da tubagem e do material utilizado, tempo de serviço, pressão, adequada operação da obra, elementos de protecção contra colisões e/ou quebras e duração possíveis interrupções do fornecimento de energia. Representa um componente crítico do sistema de abastecimento, merecendo principal atenção, em termos de manutenção sistemática de carácter preventivo. É de salientar que a manutenção preventiva para reparação das condutas obstruídas com incrustações ou para reparos pontuais de escoamentos, não é na maior parte das vezes realizada, quer por adiamento ou para evitar a fadiga da população envolvente. Este procedimento, segundo (7) acaba por comprometer o comportamento do sistema, aumentando geralmente as perdas de carga e o consumo de energia, assim como as perdas e os riscos de interrupções associando interrupções mais demoradas por falhas ou eclosões.

A característica principal das perdas reais nas estações de tratamento é a de que, apesar de estas serem mínimas enquanto valores percentuais, em termos de caudal, podem ser bastante significativas.

Nas estações de tratamento, parte das perdas não podem ser eliminadas, uma vez que estão inerentes ao processo de tratamento, podendo estas apenas serem reduzidas até ao ponto em que os desperdícios sejam eliminados.

As perdas por escoamentos e ruptura nas tubagens das adutoras e subadutoras, onde são transportados elevados caudais para serem distribuídos na rede de distribuição, constituem as perdas na adução de água tratada.

Na adução de água tratada pode existir outra forma de perda (real): as descargas das condutas, tanto para esvaziar, quando se pretendem efectuar reparações, como para melhorar a qualidade da água. Neste caso, o termo de perda é restrito, uma vez que estas acções são necessárias para a correcta operação do sistema de abastecimento.

A falta da instalação ou manutenção de ventosas pode ser também um factor relevante, uma vez que estas provocam maiores pressões e choque hidráulico, e consequentemente a rotura de adutoras.

Em relação às perdas na distribuição, estas decorrem de escoamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais e também devidas a descargas.

A extensão das perdas é mais significativa quanto mais degradada se encontrarem as condutas, acrescentando-se no caso em que o funcionamento opera pressões muito elevadas.

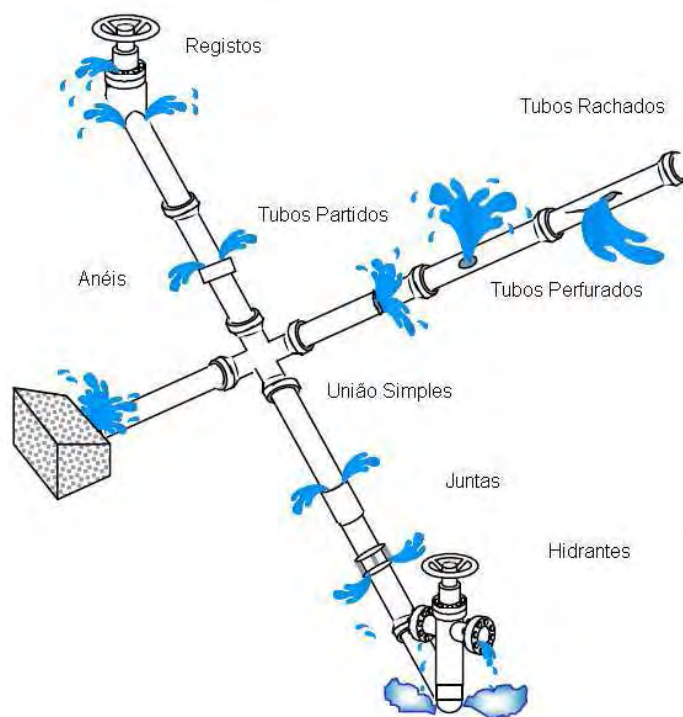


Figura 2.2 – Pontos frequentes de perdas nas redes de abastecimento.

As figuras Figura 2.2 e Figura 2.3, adaptadas de (7), ilustram os pontos onde vulgarmente ocorrem escoamentos (perdas) nas redes de abastecimento público e ramais prediais

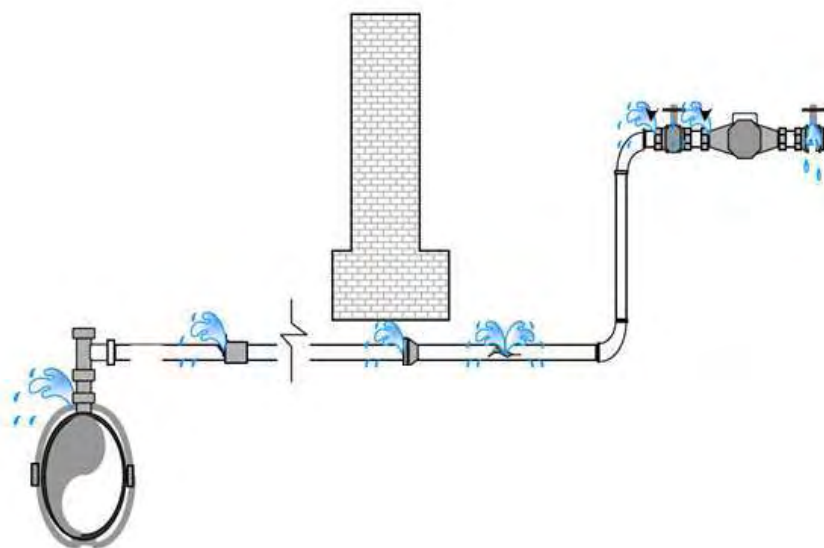


Figura 2.3 – Pontos frequentes de perdas em ramais.

A monitorização dos ramais deve considerar a medição dos volumes de água produzidos, de vazões mínimas nocturnas e do nível piezométrico ao longo do dia (em pontos estratégicos), a análise e controlo da qualidade da água, a micromedição e o controlo dos “consumos sociais” (como em bairros).

Da experiência internacional, sabe-se que as perdas por perdas e extravasamento para sistemas bem construídos e mantidos poderão variar de 50 a 60 l/ramal/dia (valor médio para sistemas com pressões de serviço da ordem de 40 m.c.a., para comprimento médio de ramais de cerca de 10 metros e densidade de ramais da ordem de 40 a 60 ramais / km de conduta). Em Portugal existe ainda pouca informação, mas a que existe aponta para valores médios iguais ou superiores aos de referência (11).

Com base na pouca informação disponível, estimando que as perdas actuais nos sistemas públicos de abastecimento de água atingem valores da ordem dos 40% e do que a experiência internacional apresenta, podem ser um objectivo realista, tendo em conta os custos/benefícios envolvidos, reduzir as perdas no mínimo para 20% (12), é possível estimar a eficiência potencial em 50%.

As medidas de redução de perdas de água no sistema de abastecimento público, consistem em implementar através das entidades de gestão, programas de detecção, localização e eliminação

de perdas resultantes do sistema, nomeadamente ao nível das tubagens e das respectivas juntas que constituem a rede pública.

No âmbito da redução de perdas, as medidas a tomar podem ser implementadas, segundo (11), através de mecanismos que devem incidir ao nível de:

- Campanhas de sensibilização dirigidas aos gestores e técnicos das entidades gestoras, da responsabilidade da tutela do ambiente, instituto regulador, entidades gestoras de sistemas de abastecimento, instituições de I&D, associações e ONG;
- Preparação de um guia de apoio à realização de auditorias para contabilização de perdas destinado às entidades gestoras, a incentivar pela tutela do ambiente, com participação do instituto regulador e das entidades gestoras de sistemas de abastecimento;
- Inclusão nos programas de uso eficiente da água, a desenvolver pelas entidades gestoras, dos objectivos a atingir em termos de perdas de água, da responsabilidade da tutela do ambiente;
- Exigência de realização de auditorias para contabilização de perdas anuais pelas entidades gestoras, da responsabilidade da tutela do ambiente, com participação do instituto regulador, das entidades gestoras de sistemas de abastecimento e das entidades concedentes;
- Estabelecimento de um sistema de incentivos económicos e financeiros, para as entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água, contemplando não apenas as campanhas específicas de redução de perdas mas também a renovação de redes deterioradas, origem principal dessas perdas da responsabilidade da tutela do ambiente e da economia;
- Incentivos à realização e promoção de projectos de demonstração, a desenvolver pelas entidades de gestão, da responsabilidade da tutela do ambiente com participação do instituto regulador, das entidades gestoras de sistemas de abastecimento e das instituições de I&D.

A crescente necessidade de se fazer uso da água de um modo mais sustentável implicará, necessariamente, a redução progressiva das perdas nos sistemas de distribuição. Neste contexto assumem como valor futuramente pretendido em Portugal para as perdas nos sistemas de distribuição, a partir do ano 2015, a percentagem de 20%.

Na Tabela 2.1 – Perdas físicas nos sistemas de distribuição, adaptada de (12), estão indicados os valores das perdas físicas, na adução (incluindo tratamento):

Tabela 2.1 – Perdas físicas nos sistemas de distribuição.

Perdas Físicas % (*)	Captação/ Tratamento		Distribuição (**)	
	2000	2015	2000	2015
	5	5	30	20

(\*) Relativo a fugas e perdas inevitáveis

(\*\*) Refere-se exclusivamente a redes de distribuição

## 2.4. Perdas no sistema predial

As perdas de água podem tornar-se extremamente problemáticas, onde quer que ocorram. Estas significam desperdício de capital, energia e água. As perdas de água, quando não detetadas, podem causar resultados inadmissíveis, tais como danos no interior dos edifícios, assim como originar problemas de saúde perigosos (devido à criação de fungos, etc.).

A medida de redução das perdas de água no sistema predial, consiste na implementação de um programa de detecção, localização e eliminação de perdas resultantes de roturas e escoamentos na rede, quer ao nível das tubagens e das respectivas juntas, quer nos diferentes dispositivos de utilização. A aplicação desta medida pode ser feita pelos proprietários ou por empresas fornecedoras desse tipo de serviços.

Para evitar a ocorrência de perdas de água, devem-se apurar as fugas visíveis nos dispositivos que utilizam água no seu funcionamento (sanitários, máquinas de lavar, torneiras), bem como efectuar a verificação de contadores de água. Este último pode oferecer informações relativas acerca da presença de perdas de água.

Dada a grande variabilidade de situações, não é possível quantificar o potencial de poupança, que se prevê significativo, particularmente em redes mais antigas e em instalações colectivas onde se observam grandes desperdícios.

Grande parte das perdas de água verificadas nos sistemas prediais de distribuição de água, quente e fria, deve-se essencialmente a fugas nos dispositivos por falta de estanquidade nos elementos de fecho.



De modo ilustrativo, na Tabela 2.2, pode observar-se o volume de perdas que ocorrem por falta de estanquidade do sistema de fecho em torneiras ou autoclismos.

Tabela 2.2 – Perdas em torneiras e autoclismos (15).

Tipo de Perda	Consumo diário (l)	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )
Gota a gota	67	2
Fim de água de 2mm	333	10
Fio de água	3330	100

De modo a ilustrar o que pode representar, em termos de consumo de água, o desperdício num qualquer dispositivo de utilização, considerando os valores contidos na Tabela 2.2 – Perdas em torneiras e autoclismos adaptados de (16), quantifica através da Tabela 2.3 – Impacto de uma perda no consumo mensal de água de um agregado familiar o acréscimo percentual do consumo mensal de um agregado familiar constituído por três pessoas numa habitação em que existe uma torneira com uma perda do tipo fio de água de 2 mm.

Tabela 2.3 – Impacto de uma perda no consumo mensal de água de um agregado familiar (16).

Nº de pessoas no agregado	Consumo diário por pessoa (l)	Consumo diário devido a perdas (fio de água de 2 mm) (l)	Consumo mensal do agregado familiar (m <sup>3</sup> )	Consumo mensal devido a perdas (m <sup>3</sup> )	Acréscimo no consumo devido às perdas (%)
3	80	333	7,2	10	139

Pode averiguar-se que qualquer pequena perda devida a uma falha de estanquidade num dispositivo predial, quando mal obturado, pode originar um impacto significativo no consumo mensal de água potável. No caso de se extrapolar esta situação para o caso de uma unidade hospitalar por exemplo, em que existem inúmeras situações equivalentes por reparar, durante longos intervalos de tempo, facilmente se concluirá acerca dos elevados consumos neste tipo de edifícios. Todas estas análises podem reflectir acerca do impacto que as pequenas perdas de água podem ocorrer em termos de consumo de água potável nos edifícios em geral, bem como nas questões ambientais inerentes.

A implementação desta medida deve ser realizada através de mecanismos, devendo estes incidir ao nível de (11):

- Campanhas de educação e informação dos utilizadores potenciais, nomeadamente através de brochuras ou incorporado num guia não especializado para operação e manutenção de sistemas prediais, destinado ao público e, em particular, aos responsáveis por unidades de comércio e instalações colectivas e aos profissionais na área de saneamento básico, promovidas pela tutela do ambiente com envolvimento de entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água;
- Acção para formação de técnicos que possam vir a efectuar este tipo de trabalhos, com inclusão em manual técnico especializado de aspectos sobre a operação e manutenção de redes interiores de distribuição de água dirigido essencialmente aos profissionais na área de saneamento básico e aos responsáveis por unidades de comércio e instalações colectivas. A responsabilidade é da tutela do ambiente, com envolvimento de entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água, de associações em áreas afins e organizações não governamentais.
- Execução de auditorias, que é uma forma adequada para quantificar e detectar os problemas de perdas que possam existir nas redes e pode ser promovido voluntariamente pelos responsáveis por instalações domésticas, colectivas e comerciais eventualmente em colaboração com as entidades de gestão.

Os objectivos específicos das medidas aplicadas aos usos nas instalações residenciais, colectivas e a outros similares, são essencialmente ao nível da (11):

- Promoção do uso adequado da água pelos utilizadores;
- Promoção generalizada do uso de dispositivos e equipamento eficientes;
- Actuação na redução de perdas e desperdícios.

As descargas dos autoclismos representam um uso com elevado peso no consumo de água doméstico, existindo também na maioria das instalações comerciais, industriais ou colectivas, embora podendo ter menor relevância no consumo global. Segundo o INE (Instituto Nacional de Estatística), 96% dos alojamentos em Portugal têm bacia de retrete, não tendo sido encontrada nenhuma referência ao número de alojamentos que possuem 2, 3 ou mais instalações sanitárias. Mas sabe-se que existe um número significativo de fogos com mais de uma instalação sanitária, o que, embora não implique necessariamente maior consumo associado ao uso

por necessidade fisiológica, induz a maiores perdas potenciais resultantes de perdas e desperdícios (11).

Os consumos de água no autoclismo derivam não só de descargas associadas às necessidades fisiológicas, mas ainda, em parte devido à utilização inadequada, tais como de descargas de resíduos sólidos na bacia de retrete e perdas devido a estanquidade deficiente do dispositivo. A título de exemplo, nos EUA, segundo (11) Woodwell *et al.* estima 5% em média para as perdas associadas ao autoclismo em estado de deficiente funcionamento, podendo, no entanto, esse valor atingir 50% do consumo de água na habitação, nos casos em que existe escorrimento contínuo.

As medidas de redução de perdas ou desperdícios de água nos chuveiros, podem passar, por exemplo, por utilização de torneiras misturadoras, monocomando ou termoestáticas, que permitem também diminuir o consumo por utilização, mas estas permitem ainda a redução do desperdício de água até esta se encontrar à temperatura desejada (por eliminação do tempo de regulação da temperatura e facilidade de abertura e fecho).

Estas medidas podem ser aplicadas quer a residências, instalações colectivas, públicas ou privadas, industriais e até mesmo comerciais sempre que utilizem este tipo de dispositivos. Estas permitem ainda vantagens, para além da redução do consumo de água na correspondente redução das descargas de águas residuais e no consumo de energia associado ao aquecimento de água.

As torneiras são consideradas como o dispositivo mais comum em qualquer edifício. No caso de uma habitação comum, podem existir 3 a 5 torneiras no mínimo, distribuídas pela cozinha e casas de banho. A frequência de uso, de difícil quantificação e com grande variação temporal e espacial, é bastante elevada, em geral. Em termos médios, estima-se que as torneiras representem cerca de 16% (11) do consumo de água numa habitação.

Para a redução de perdas e desperdícios de água em torneiras, pode considerar-se:

- Utilização de dispositivos com fecho automático ou torneiras com comando electrónico. Os modelos com automatismo devem estar regulados convenientemente sob pena de poderem causar desperdícios ainda maiores que os modelos tradicionais e são mais adequadas para instalações com uso colectivo;

- Utilização de torneiras misturadoras, monocomando ou termoestáticas, que permitem a redução do desperdício de água até a água ter a temperatura desejada (por eliminação do tempo de regulação da temperatura e facilidade de abertura e fecho);

As medidas anteriormente apresentadas, têm como vantagens, para além da redução do consumo de água, a respectiva redução das descargas de águas residuais. Dado que o uso de torneiras está por vezes associado à utilização de água quente, o impacto da redução do caudal é também significativo.

## CAPÍTULO 3 - REDUÇÃO DAS PERDAS NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS

### 3.1. Detecção de perdas reais

A detecção de perdas reais de água, é da maior importância, pois permite corrigir ou prevenir o agravamento deste tipo de problemas.

Através de técnicas simples é possível a detecção de perdas a nível predial. Apresentam-se, de seguida, algumas técnicas para verificar se existem perdas de água em redes interiores de habitações e de edifícios (17):

- Sucção de água;
- Observação no contador;
- Verificação do depósito na bacia de retrete.

A primeira técnica consiste em fechar a torneira do contador. De seguida proceder à abertura da torneira mais afastada da rede interna do edifício em causa e esperar até a água parar de correr. Colocar um copo cheio sob a ponteira da torneira Figura 3.1 a), caso houver sucção da água presente no copo Figura 3.1 b), significa que existe fuga na rede interna do edifício.

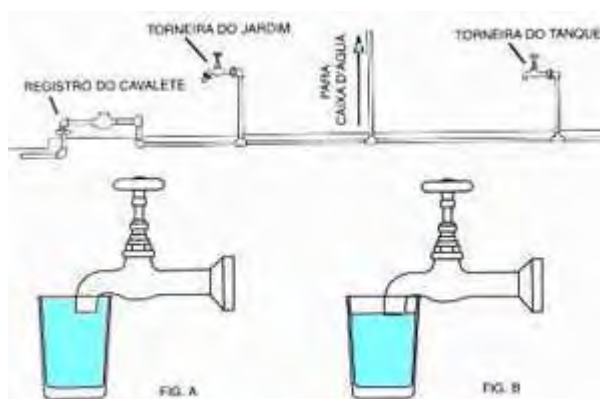


Figura 3.1 – Descrição da técnica de sucção de água.

Relativamente à segunda técnica, esta consiste em manter aberta a torneira do contador, assegurar que as restantes torneiras estão fechadas e não utilizar os sanitários. No contador, marcar a posição do ponteiro maior ou, caso não exista esse ponteiro, marcar a posição do ponteiro menor, que conta até à milésima do metro cúbico ( $m^3$ ), e após uma hora verificar se ele se movimentou. Caso o ponteiro se tenha mobilizado, é sinal que existe perda significativa na rede interna de distribuição de água do edifício.

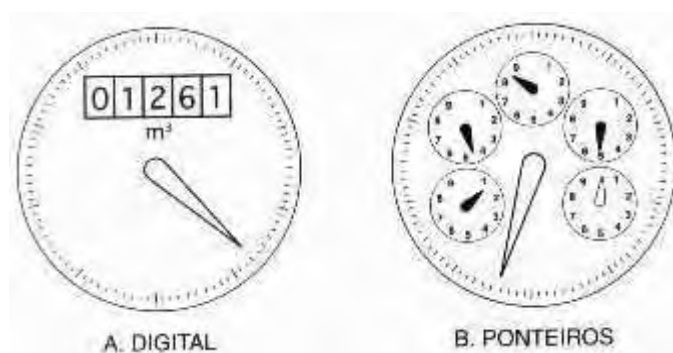


Figura 3.2 – Tipos de mostrador.

Finalmente, a terceira técnica pode efectuar-se colocando cinza de cigarro, ou outra substância idêntica, na bacia de retrete. De seguida, observa-se se a substância fica depositada no fundo da bacia. Se a cinza for arrastada e desaparecer, é sinal que há fuga na válvula ou no autoclismo. Por outro lado, a mesma detecção pode efectuar-se com recurso à adição de algumas gotas de corante para a bacia de retrete e esperar aproximadamente meia hora. Se, após esse tempo, houver corrimento visível ou uma mudança de cor na bacia de retrete, é a indicação de que provavelmente existe fuga, indicando que a válvula do autoclismo precisa de ser reparada.



Figura 3.3 – Verificação do depósito na bacia de retrete.

A detecção dos consumos de electricidade em edifícios não é um conceito novo, mas para aplicações à detecção do consumo de água é relativamente pouco conhecida. O dispositivo em questão, é dotado de um sensor, denominado “hydrosense” (Figura 3.4), que pode ser conectado nas tubagens de água de um edifício e detectar qual a torneira que está a consumir mais água, bem como detectar perdas até à sua origem.



Figura 3.4 – Sensor de detecção de fugas de água.

O sistema consiste em processar a detecção de ruído, quando a água transita do equilíbrio estático para cinético na tubagem. O ruído, embora mínimo, pode ser facilmente detectado pelo sensor, informando-o sobre qual o dispositivo que está a gastar água. Cada dispositivo que emprega água emite um ruído próprio, através do qual o sensor consegue identificar o dispositivo com a quantidade e o tipo de ruído gerado (18).

As perdas de água em edifícios devidas a tubagens danificadas são, muitas vezes bastante fáceis de identificar e corrigir. Em relação às perdas de água ocultas, estas tornam-se difíceis de assinalar. Muitas entidades gestoras incentivam a conservação da água, fornecendo indicações/medidas de incentivo à população, de modo a que estas consigam reduzir os custos na factura de água.

As torneiras a gotejar, representam um grande desperdício de água muito superior ao aparente. Uma torneira a pingar lentamente pode desperdiçar até 20 litros de água por dia. Se se estimar esse consumo para o período de um ano, isso pode representar um volume até cerca de 27 000 litros de água.

Algumas casas de banho têm escoamentos lentos que não são perceptíveis, estes podem gerar perdas até 100 litros de água por dia.

### 3.2. Perdas Inconscientes e desperdícios

O desperdício de água é, no fundo, um conjunto de acções e processos, através dos quais os seres humanos gastam sem proveito, ou simplesmente usam mal a água. Portanto, desperdiçar água significa falta de clareza sobre a importância para a nossa sobrevivência deste valioso e limitado recurso natural.

As actuações a este nível devem centrar-se no âmbito da informação e de alterações dos hábitos.

### 3.3. Sistemas prediais de água quente

A distribuição de água quente é imprescindível em residências, hospitais, hotéis, lavandarias, restaurantes, etc. Também pode ser, contudo, uma fonte de desperdícios significativos, em especial no que se refere aos tempos de espera.

#### 3.3.1. Finalidade de uso e temperatura de água

A temperatura mínima com que a água quente deverá ser produzida depende do uso a que se destina. Nos pontos de consumo poderá ser feita uma dosagem de água fria para obter temperaturas inferiores, dependendo dos níveis de conforto dos utentes. Alguns exemplos de temperaturas, relacionados com a finalidade dos usos, estão descritos na tabela seguinte, segundo (16):

Tabela 3.1 – Temperaturas idealizadas para os diferentes usos (16).

Ambiente	Temperatura indicada
Hospitais e lavatórios	100 °C ou superior
Lavandarias	75 °C a 85 °C
Cozinhas	60°C a 70°C
Uso pessoal e banhos	35°C a 50°C



### 3.3.2. Classificação dos sistemas prediais de água quente

#### 3.3.2.1. Introdução

Os sistemas prediais de água quente podem ser classificados em individuais, centralizados privativos e centralizados colectivos.

O sistema individual consiste na produção no ponto de utilização, sem necessidade de uma rede de água quente (Figura 3.5).

O sistema centralizado privado consiste, basicamente, em instalar um equipamento (termoacumulador, esquentador, etc.), responsável pelo aquecimento de água e uma rede de tubagem que distribua a água produzida para os pontos de utilização, pertencentes a uma mesma unidade (por ex: apartamento).

O sistema centralizado colectivo é, por outro lado, constituído por um equipamento colectivo de aquecimento de água quente e por uma rede de tubagem que conduz a água quente para os pontos de utilização pertencentes a mais de uma unidade. (por exemplo um lote de apartamentos).

A produção de água quente consiste num processo de transferência de calor, a partir de uma fonte energética, para obter água com uma determinada temperatura, podendo haver ou não armazenamento de água para aquecimento.

Em relação à transferência de calor, esta pode efectuar-se por transferência directa ou indirecta. Na transferência de calor directa, a fonte energética actua no reservatório ou serpentina que contém a água cuja temperatura se deseja elevar, enquanto no modo indirecto, a fonte energética aquece um determinado volume de fluido o qual, por condução, aumenta a temperatura da água para consumo.

### 3.3.2.2. Sistema individual

No sistema individual, os combustíveis destinados à produção de água quente são em regra o gás e a electricidade.

Aquando se utilizam termoacumuladores individuais a gás ou caldeiras, o queimador é accionado automaticamente pelo fluxo de água, ao abrir um determinado dispositivo com utilização de água quente.

Os aquecedores a gás possuem um queimador que é activado por uma chama piloto, quando da passagem do fluxo de água, utilizando o ar como comburente. Estes equipamentos classificam-se, relativamente ao tipo de comburente, como aquecedores balanced flue (ou combustão fechada) ou em aquecedores com consumo de ar interior.

Os aquecedores de fluxo balanceado utilizam como comburente o ar exterior e os produtos originados nessa combustão são também expelidos para o exterior. Tendo em conta estes aspectos, estes equipamentos podem ser instalados, em diversos locais, inclusive onde a permanência de pessoas tende a ser prolongada.

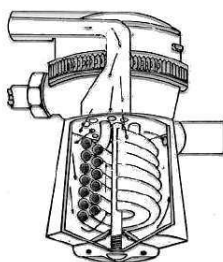


Figura 3.5 – Mecanismo de aquecimento de água individual a electricidade (www.ecivilnet.com).

### 3.3.2.3. Sistema central privativo

As fontes energéticas utilizadas neste tipo de sistema podem ser o gás combustível, electricidade, gasóleo, lenha e energia solar.

De seguida, far-se-á referência aos equipamentos de aquecimento, os quais podem ser classificados, segundo o princípio de funcionamento, nos tipos seguintes:

- Aquecedores instantâneos (ou de passagem), onde a água vai sendo aquecida à medida que passa pela fonte de aquecimento sem requerer reserva;
- Aquecedores de acumulação, quando possuem em reserva o volume de água a ser aquecido.

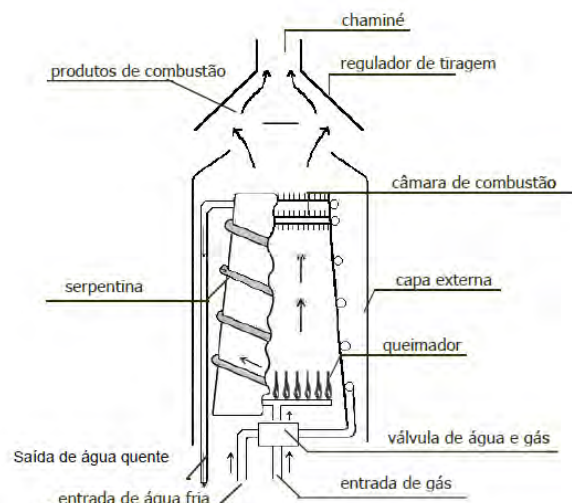


Figura 3.6 – Aquecedor de passagem a gás.

Como no caso dos aquecedores individuais alimentados a gás, pode-se ter também equipamento de fluxo balanceado.

A central de aquecimento, no caso de aquecedor de acumulação, pode ser constituída por um bloco único ou então através de um gerador separado do reservatório quando existe flexibilidade relativamente à localização dos equipamentos.

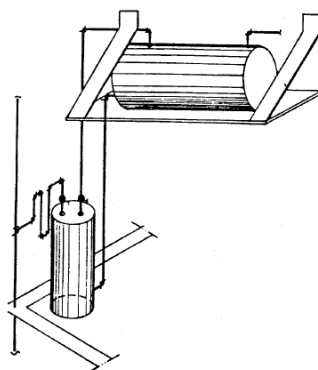


Figura 3.7 – Sistema central privado de água quente.

A distribuição de água quente num sistema central privativo é constituída basicamente de ramais que conduzem a água desde o equipamento de aquecimento (instantâneo ou de acumulação) até aos vários pontos de utilização.

De modo a obter-se uma temperatura adequada no ponto de utilização, o trajecto a percorrer pela água aquecida, deve ser o mais reduzido possível.

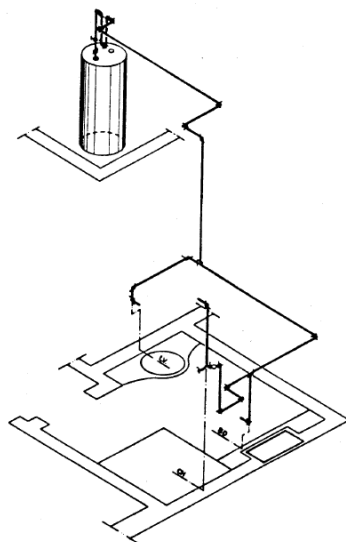


Figura 3.8 – Esquema central privado de abastecimento de água quente.

#### 3.3.2.4. Sistema central colectivo

Dado que o gerador de água quente abastece várias unidades, está implícito o armazenamento do volume a ser aquecido, recorrendo-se normalmente, para este efeito, a caldeiras.

O local de instalação deve ser a primeira preocupação quando se opta por uma caldeira. Assim, a sua localização deve ser próxima dos espaços que utilizam água quente. Esta é uma forma de reduzir as perdas de calor que se verificam muitas vezes no transporte da água quente, quando tem que percorrer grandes distâncias.

Para fazer uma utilização mais eficiente da caldeira, esta deve ser regulada de forma a ter a água à temperatura desejada. Isto evitará situações de sobreaquecimento, que levam a um consumo de energia superior ao necessário e também à necessidade de compensação com água fria.

Existem caldeiras que incorporam dispositivos de aquecimento a gás e a electricidade, possibilitando a permutação entre os dois recursos energéticos.

O abastecimento de água fria é realizado através de uma coluna exclusiva, uma vez que a vazão requerida é muito elevada.

O gerador e o reservatório podem estar ou não, localizados conjuntamente, dependendo da flexibilidade para adequação dos ambientes, considerando que estes equipamentos são de grande porte. Geralmente a central de aquecimento é instalada na parte inferior do edifício; em contrapartida pode ter-se o gerador na parte inferior e o reservatório na parte superior.

Tal como, nos aquecedores individuais e nos centrais privados a gás pode ter-se, igualmente, o equipamento de fluxo balanceado.

Relativamente à distribuição, o sistema central colectivo pode ser classificado em ascendente, descendente e misto.

Na distribuição descendente, um barrilete superior alimenta as colunas que abastecem os pontos de utilização.

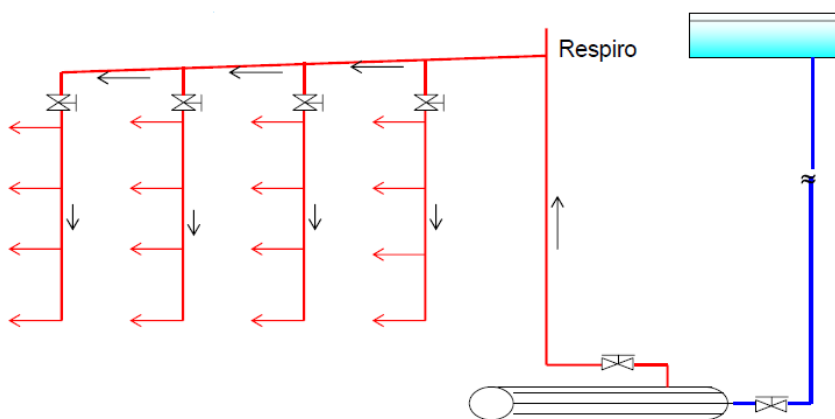


Figura 3.9 – Sistema central colectivo com distribuição descendente.

No sistema de distribuição ascendente, tem-se um barrilete inferior, como se pode observar na figura:

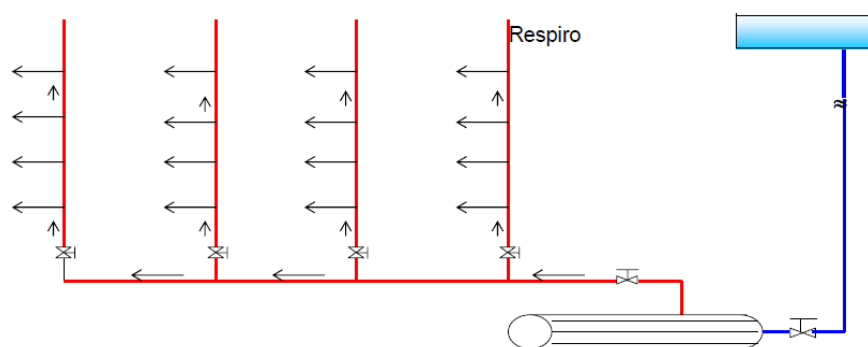


Figura 3.10 – Sistema central colectivo com distribuição ascendente.

Na distribuição mista, existe a combinação dos dois tipos referidos anteriormente.

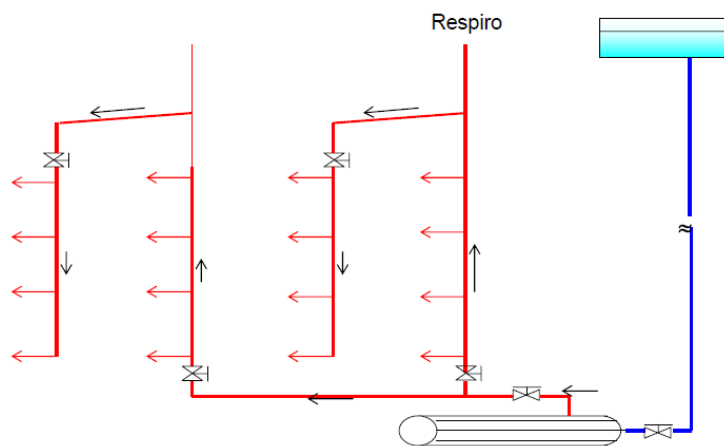


Figura 3.11 – Sistema central colectivo com distribuição mista.

### 3.3.3. Sistemas com aquecimento solar

A economia mundial enfrenta actualmente um enorme, crescente e cada vez mais preocupante desafio: a escalada do preço do petróleo. A subida do preço dos combustíveis, como reflexo da subida do preço do petróleo, é uma questão alarmante. A importância do petróleo como matéria-prima de um conjunto alargado de produtos representa uma enorme dependência de uma só fonte energética.

O aumento desenfreado dos custos e a disponibilidade cada vez mais limitada das formas convencionais de energia, têm motivado preocupações crescentes, em diversos sectores.

Perante este contexto, a energia solar surge como uma alternativa energética de grande potencial a ser avaliada, inclusivamente no aquecimento de água a nível residencial, uma vez que a interface necessária para compatibilizar os sistemas com a energia solar, em comparação com os sistemas tradicionais, não apresentam maiores dificuldades técnicas (19).

O Sol é a principal fonte de energia para a nossa sobrevivência, responsável pela manutenção das várias formas de vida existentes na Terra. Trata-se de um recurso praticamente inesgotável e constante, quando comparado com a escala humana do planeta.

No centro do Sol, mais especificamente numa região denominada fotosfera solar (camada muito ténue com aproximadamente 300 km de espessura e temperatura superficial da ordem dos 6000°C), a energia resultante das reacções de fusão dos núcleos dos átomos de hidrogénio, originando núcleos de hélio, é irradiada para o espaço sob a forma de energia electromagnética, a uma velocidade próxima dos 300.000 km por segundo. Esta energia, ao atingir a atmosfera terrestre pode ser absorvida ou reflectida pelos seus diferentes componentes.

Segundo a WMO (World Meteorological Organization), a densidade média do fluxo energético proveniente da radiação solar é de 1367 W/m<sup>2</sup>, quando medida num plano situado no topo da atmosfera terrestre, perpendicular à direcção da propagação dos raios solares.

Ao atravessar a atmosfera, num dia de céu relativamente limpo, a radiação solar pode atingir a superfície da Terra, com uma potência inferior em cerca de 30% da registada no topo da mesma, ou seja, aproximadamente, de 1000 W/m<sup>2</sup>.

O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, uma quantidade enorme de energia, relativa a cerca de 10.000 vezes o consumo mundial de energia verificado no período de um ano. No entanto, esta fonte é considerada demasiado dispersa, com as vantagens e os inconvenientes daí resultantes. Um dos inconvenientes mais evidentes refere-se, sem dúvida, à necessidade de grandes superfícies de captação para o seu aproveitamento.

A implementação de sistemas solares para aquecimento de água quente sanitária, em Portugal, tem elevado potencial, sendo um dos países da Europa com melhores condições para aproveitamento deste recurso, dispondo de um número médio anual de horas de Sol, entre 2200 e 3000, no Continente, e de 1700 e 2200, respectivamente, nos arquipélagos dos Açores e da Madeira. Na Alemanha, por exemplo, este indicador varia entre 1200 e 1700 horas de sol (20).

Esta radiação que atinge o solo é constituída por três componentes (20):

- Radiação directa: atinge directamente a superfície;
- Radiação difusa: desviada em diferentes direcções pelos componentes da atmosfera;
- Radiação reflectida: proveniente da reflexão no solo e objectos circundantes.

Os painéis solares são dispositivos através dos quais a radiação é captada, convertida em calor e transferida por meio de um fluido circulante. Na Figura 3.12, apresentam-se os seguintes componentes básicos de um colector solar plano, que são tipicamente:

- Cobertura transparente, constituída da uma ou mais placas, em geral, de vidro plano;
- Superfície absorvente, normalmente metálica (ou de material selectivo de radiação), apresentando, em geral, uma grelha de tubos de cobre;
- Isolamento térmico, conjuntamente com uma camada de lã de vidro colocada no fundo e nas laterais do colector a fim de reduzir ao máximo as perdas de calor;
- Caixa do colector, elemento estrutural frequentemente de chapas/perfis de alumínio, com função de abrigar os componentes internos contra as intempéries.



Figura 3.12 – Componentes de um painel solar.

A utilização de colectores solares em edifícios destinados a ocupação residencial, com finalidade de compatibilizar um sistema convencional de aquecimento de água (sistema de pré-aquecimento de água), pode ser feito de maneira relativamente simples conforme ilustra o esquema na Figura 3.13.

No aproveitamento da energia solar, deve-se contudo preconizar a sua captação, a conversão de calor, a transformação e o armazenamento para a utilização nos períodos em que a mesma não se encontra disponível, através de um sistema de energia auxiliar.



Este sistema auxiliar, realiza o aquecimento adicional da água, quando o sistema de energia solar não permite a água à temperatura pretendida. Por exemplo, nos dias de Inverno com chuva, é natural que a energia solar não é suficiente para aquecer a água, apenas faz um pré-aquecimento, sendo necessária a utilização de um sistema de apoio como, por exemplo, uma caldeira a gás ou a biomassa, um esquentador, etc. Este pré-aquecimento, contudo, vai fazer poupar o consumo de combustíveis fósseis.

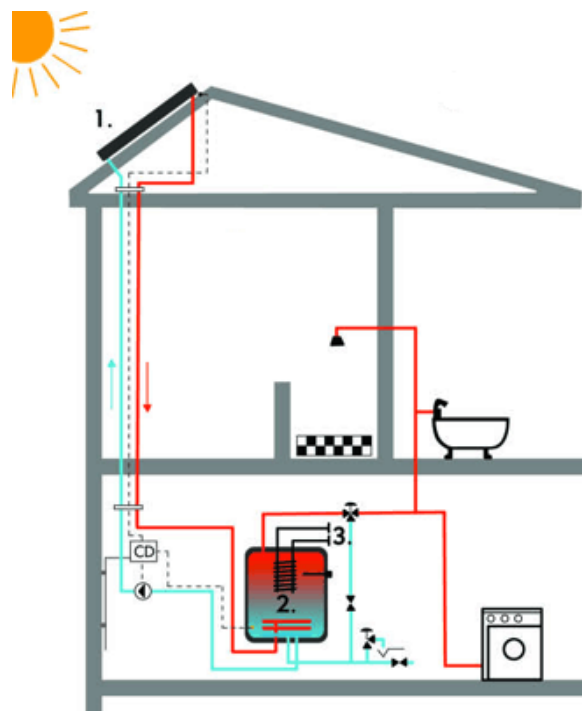


Figura 3.13 – Esquema típico de instalação de equipamento solar (Fonte:ADENE).

### 3.3.4 Sistemas de circulação e retorno

#### 3.3.4.1 Introdução

Sempre que se pretende água quente, há um tempo de espera durante o qual é lançada para o esgoto água fria, resultante dessa espera. Existe contudo, um modo de se reduzir esse desperdício de água: a circulação de água quente no sistema vai suprimir essas perdas.

Existem vários tipos de sistemas de circulação de água quente, que são relativamente fáceis de conceber.

As redes com sistemas de circulação de água quente apresentam custos de instalação e operação mais elevados, mas também um nível de conforto superior na temperatura de água quente, não interferindo na comodidade da água fria.

Um sistema de circulação e retorno de água quente utiliza uma tubagem de abastecimento de água quente, que permite a circulação da mesma em todo o edifício, começando e terminando no sistema de aquecimento. Com este tipo de sistema, a água quente está disponível imediatamente à temperatura desejada, ao abrir a torneira, mesmo no dispositivo mais afastado. O custo inicial destes sistemas é mais elevado, devido à quantidade de tubagens necessárias para perfazer o ciclo de água no edifício. A implementação de um circuito de água quente numa estrutura existente pode custar duas a três vezes mais do que se tivesse sido realizado durante a sua construção. Por outro lado, os custos de funcionamento destes sistemas são sempre mais elevados quando comparados com um sistema sem circulação, devido à maior energia térmica utilizada. Com estes sistemas, a bomba é geralmente instalada no final do circuito de água quente e ligada a montante do aquecedor de água.

A alimentação da água quente sem retorno, quando comparada com um sistema de circulação, apresenta menores custo de instalação e operação, e água quente a temperaturas inferiores.

Existem, contudo, sistemas de circulação de água quente (sistemas de circuito aberto) que utilizam a tubagem de água fria para levar de volta até ao sistema de aquecimento a restante água quente não consumida. A eficiência do sistema e o grau de conforto dependem do nível de precisão dos itens seguintes:

- Da temperatura da operação dos sistemas de “set point” em relação à sua temperatura de água quente desejada;
- Impedir o fluxo cruzado ou sifão entre as linhas de água quente e fria, durante operação do sistema, e quando não está a ser utilizada;
- Sensores da temperatura real da água;
- Precisão da bomba de início e cessão das operações.

#### **3.3.4.2 Sistema de retorno tradicional**

Os sistemas tradicionais de água quente utilizam um sistema de bombagem permitindo que a água proveniente, do dispositivo de aquecimento, flua ao longo da tubagem de distribuição para o possível abastecimento; através de uma tubagem complementar, a água quente exce-

dente retoma ao aquecedor, para posterior abastecimento. Este sistema proporciona água quente instantânea.

Este tipo de sistema de circulação de água quente possibilita o fornecimento instantâneo de água quente nas instalações, mas emprega uma quantidade elevada de energia (energia elétrica para a operação da bomba, bem como de energia térmica dispersa na tubagem).

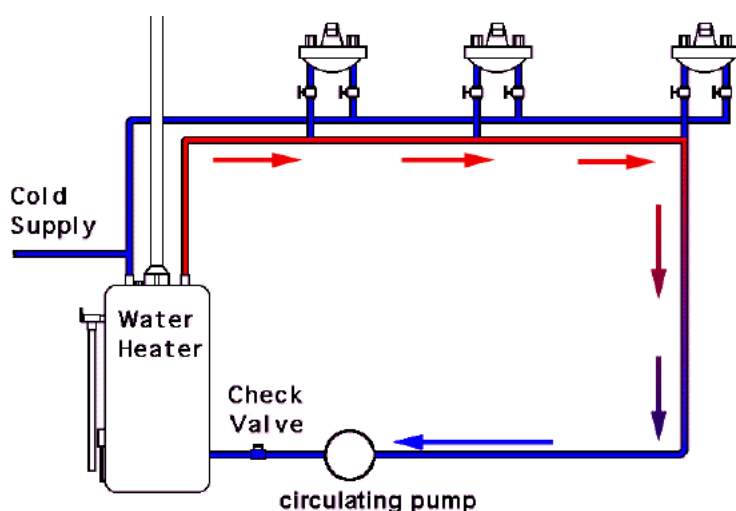


Figura 3.14 – Sistema de retorno de água quente tradicional.

Têm sido utilizados vários métodos para reduzir o desperdício de energia, associados aos sistemas de retorno de água quente. Por vezes, colocam-se temporizadores na bomba de retorno para que o sistema de água quente seja interrompido durante horas, normalmente durante a noite.

Uma outra solução consiste, no controlo da temperatura através de um sensor existente na bomba, desligando a bombagem de água quente, uma vez que a água atinja a temperatura pré-estabelecida.

As bombas de retorno têm um motor de pequena potência. A maior parte das bombas de retorno, não podem ser acopladas a aquecedores de água sem tanque.

A alternativa mais verde, as bombas de procura de água quente, como o modelo, usam muito pouca energia de bombeamento, uma vez que estas realmente não fazem circular a água quente.

Os sistemas de procura apenas operam por alguns segundos até que a água quente atinja o dispositivo e, em seguida, desligam, pelo que a electricidade usada para bombear é mínima.

### 3.3.4.3 Sistemas de retorno utilizando a linha de água fria

A água quente no sistema de circulação tradicional representa, algum desperdício de energia. A bomba usa um pouco de energia ao longo do tempo, mas o grande factor de desperdício de energia é a quantidade de calor continuamente perdido na tubagem de água quente e ao longo da linha de retorno.

Nos sistemas que aproveitam a linha de água fria, a bomba que efectua a recirculação de água normalmente só funciona durante alguns segundos, cada vez que é pretendida água aquecida, pelo que a energia de bombagem é pequena.

O suplemento nos sistemas deste tipo consiste, na utilização da tubagem de água fria como a linha de retorno para estabelecerem o circuito de circulação de água. Nestes sistemas a bomba está localizada junto dos últimos dispositivos, onde a água quente é rapidamente pretendida, e estabelece ligação a partir do tubo de água quente para o tubo de água fria.

Quando é utilizado com um sistema ramificado, por vezes, uma bomba pode servir vários dispositivos e, por vezes, mais do que uma bomba podem solicitadas a servir vários dispositivos.

Estes sistemas têm, contudo, o inconveniente de um aquecimento localizado da água fria.

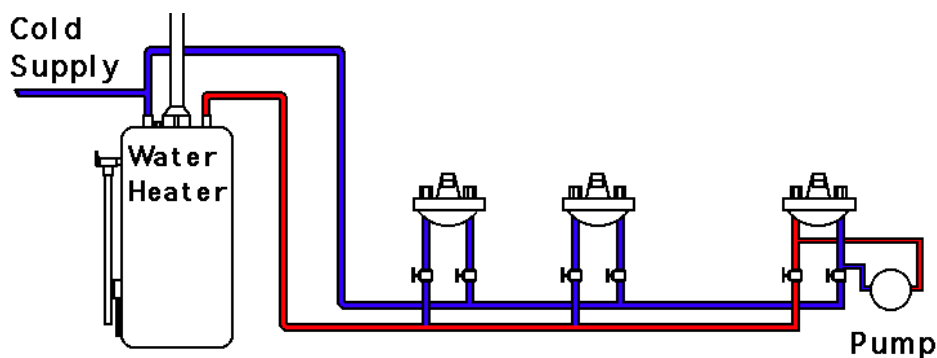


Figura 3.15 – Sistema de retorno utilizando a linha de água fria.

#### 3.3.4.4 Sistema de retorno com termosifão

O sistema de retorno de água quente com utilização de termosifão permite, a dispensa de bomba, mas parte do princípio de que ocorre a ascensão da água quente. Neste tipo de sistema de circulação de água quente deve situar-se a uma cota inferior para que funcione.

A tubagem que estabelece ligação entre o dispositivo de aquecimento e a tubagem de serventia aos dispositivos prediais seja superior à cota do sistema de aquecimento e a tubagem de abastecimento deve ascender, de modo a que a cota dos dispositivos prediais seja superior à do sistema de aquecimento. A água quente sobe para abastecer os dispositivos, circulando e abastecendo, e o fluxo restante volta para o aquecedor a uma temperatura inferior.

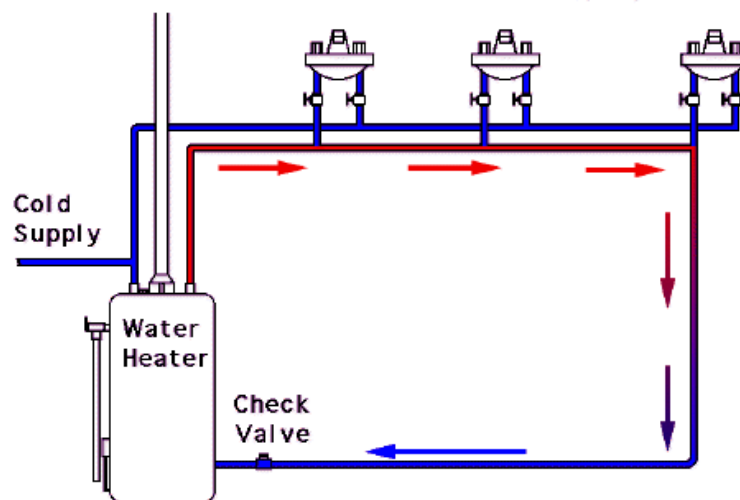


Figura 3.16 – Sistema de retorno por termosifão.

#### 3.3.4.5 Sistema de retorno interno

O sistema de retorno interno foi desenvolvido recentemente e permite a circulação de água no mesmo tubo destinado ao abastecimento de água quente sanitária. O referido sistema emprega para tal, um tubo extra no interior da tubagem usual (tubo duplo), onde a água morna retoma ao sistema de aquecimento, de modo a que o sistema permita a chegada de água quente aos dispositivos com a temperatura desejada. Com este tipo de sistema a tubagem adicional de implementação de um sistema de retorno é assim dispensada.

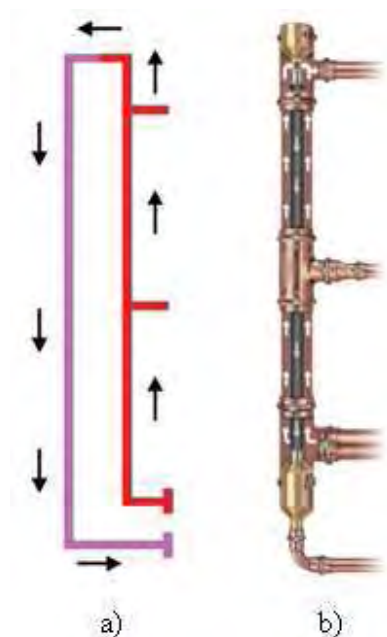


Figura 3.17 – Comparação dos sistemas a) tradicional e b) Tubo duplo (retorno interno)

Na Figura 3.17, estabelece-se a comparação entre os sistemas de retorno tradicional (a), e o de retorno interno (b). Da analogia dos sistemas, o sistema (b), permite economizar tempo, material (tubagem), espaço e energia. Além dos pressupostos anteriores, possui mais benefícios do que os sistemas habituais, uma vez que este:

- Elimina os núcleos no tubo de retorno;
- Elimina o isolamento na tubagem de retorno;
- Requer menos acessórios e suportes;
- Baixa perda de calor no tubo de retorno;
- Rápida instalação.

Este sistema contudo, é limitado a edifícios com o máximo de seis pisos, a temperaturas máximas de operação de 60°C e, em termos de pressão, a sensivelmente 85 m.c.a..

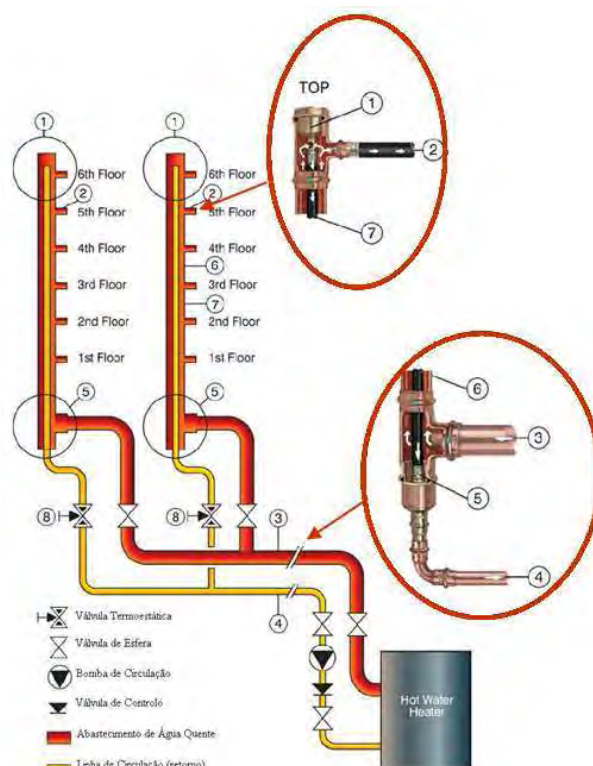


Figura 3.18 – Componentes do sistema de retorno interno: 1 adaptador de topo, 2 saída de distribuição, 3 fornecimento de água quente, 4 retorno de água quente, 5 placa de fundo, 6 tubo de ascensão de água quente, 7 retorno de água quente, 8 válvula termostática (21).

### 3.3.5 Vantagens e desvantagens dos sistemas de retorno

Os benefícios do retorno de água quente são bastante evidentes. Este sistema permite o conforto da obtenção de água quente instantânea e do ponto de vista ecológico reduz as perdas de água. Mas há algumas questões a considerar.

Como se referiu existe uma larga gama de sistemas de retorno para o destino residencial. Existem os sistemas tradicionais de tempo integral, em que a bomba faz circular continuamente um pequeno fluxo de água quente do aquecedor para os dispositivos, retornando ao dispositivo de aquecimento.

As bombas responsáveis pela circulação de água quente geram um desperdício de energia, uma vez que estão a trabalhar ininterruptamente. O sistema de aquecimento de água terá que operar constantemente para fornecer o calor necessário, de modo a substituir o calor que se perde ao longo do sistema de tubagem.

Existem formas de reduzir essas perdas, como seja colocar a bomba temporizada de modo a reduzir o número de horas a que os ciclos são executados. A desvantagem desta acção, é que, se for necessária água quente quando o sistema está em espera, o utilizador terá que aguardar durante um intervalo de tempo, uma vez que o sistema está continuamente a perder energia térmica durante esta operação.

O controlo da temperatura da água a ser bombada, pode reduzir também a perda de energia do sistema, mas não o suficiente quando o utilizador pretende diminuir consideravelmente a temperatura.

Outro problema dos sistemas de retorno prende-se com o fluxo reduzido de água, sendo geralmente insuficiente para accionar o dispositivo de aquecimento quando não possui tanque.

Vários fabricantes disponibilizam no mercado bombas de retorno de água quente, através de um sistema de bypass. Estas bombas permitem bombear baixos fluxos de água quente, controladas pela temperatura da água.

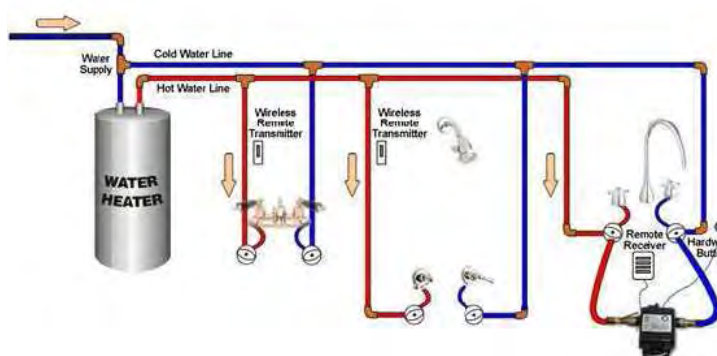


Figura 3.19 – Exemplo de um sistema recirculação

Estas bombas permitem o retorno de água quente com um temporizador interno no sistema de aquecimento de água e uma ou mais válvulas de desvio (montado sob a pia da torneira mais afastada do sistema de aquecimento de água). A bomba mantém a água quente em movimento, permitindo assim o fornecimento de água quente praticamente instantaneamente. Este sistema utiliza a linha de abastecimento de água fria como linha de retorno para o aquecedor de água. O accionar da bomba dá-se quando a temperatura da água na tubagem atinge os 30 °C, e desliga aos 35°C. As temperaturas de ligar e desligar podem variar, e alguns modelos oferecem a capacidade de regular a temperatura pelo utilizador.



Os inconvenientes decorrentes desta solução são similares aos que ocorrem no sistema de retorno tradicional, principalmente as elevadas perdas de energia através da tubagem na circulação de água quente.

O tipo de sistema de retorno mais interessante sob o ponto de vista energético é o sistema de água quente baseado na produção apenas quando a torneira de água quente é aberta. Por conseguinte, a bomba do sistema de procura só funciona quando é exigida água quente. Quando o utilizador prime o botão iniciar, ou activando-o com outros meios, tal como detector de movimento, a bomba é accionada e a água é aquecida rapidamente chegando ao dispositivo em questão, expedindo a água que não foi utilizada de volta para o sistema de aquecimento, através da tubagem de água fria.

A bomba desliga-se quando detecta a chegada de água quente. Nesse ponto, ao abrir a torneira ter-se-á água quente instantânea. Não foi utilizada quantidade superior de água quente se não se utilizasse uma bomba, com excepção da energia para o seu funcionamento. No entanto, a energia de bombagem para usos deste tipo é insignificante.

### **3.4. Perdas em sistemas de rega de jardins**

Actualmente, 70% da água utilizada no mundo é destinada para a rega de plantações agrícolas e jardins. O potencial de economia na instalação de sistemas mais eficientes de rega, torna-se cada vez mais importante, podendo ter um grande impacto no futuro das reservas de água.

Existe em todo o mundo uma grande variedade de sistemas de rega. Os produtos e sistemas, vão desde aspersores pressurizados, a sofisticados controlos computadorizados utilizando informação via satélite, todos estes projectados para alcançar maior eficiência de rega.

As formas mais antigas de rega, tais como, as usadas durante séculos na bacia do rio Nilo no Egipto, simplesmente seguiam os ciclos do rio. Os agricultores plantavam as suas culturas e esperavam pela inundação causada pelo rio. Eles escavavam canais e usavam a gravidade, de forma a transportar a água do rio para onde mais necessitavam. O solo era saturado, e posteriormente deixado secar, até que as plantas quase murchassem, e então alagado novamente. A rega por sulcos na superfície é ainda o método mais comum de rega agrícola usado em todo o mundo. Apesar dos avanços significativos nas técnicas de rega e em tecnologia, muitos agricultores no mundo ainda confiam na rega por sulcos, em grande parte por causa da falta de

compreensão dos sistemas avançados e pelo custo para converter os seus sistemas em métodos mais eficientes.

Nos campos, por exemplo, as plantas organizam-se, distribuindo-se de acordo com as suas necessidades de água, pelo que de acordo com este critério, os sistemas de rega deveriam ser organizados, e optimizados segundo as necessidades das plantas, ou seja, as plantas com diferentes necessidades são regadas de forma separada. Num jardim, pode-se tomar como exemplo, a grama que deve ser regada com diferente frequência dos arbustos e flores.

Consequentemente, a rega é um factor determinante no bom desenvolvimento das vegetações e é empregada quando o grau de humidade no solo é insuficiente para manter a vegetação.

Em primeiro lugar, deve tomar-se atenção ao facto de que as características do equipamento devem estar adaptadas às áreas e às diferentes plantas.

Numa fase inicial, em que a vegetação se está a adaptar ao local, a rega deve ser efectuada com mais frequência, de modo a fomentar o seu propício desenvolvimento.

A quantidade de água para rega das árvores depende da dimensão destas, no entanto deve ser em média de 25 l/árvore em cada 15 dias de estação seca. Por outro lado, perante as situações de árvores regadas em caldeira, as mesmas podem ser revestidas com casca de pinheiro para uma conservação mais eficaz da humidade no solo (1).

Os métodos de rega podem classificar-se do modo seguinte:

- Rega de superfície ou por gravidade: rega por alargamento, em canteiros com nivelamento de precisão, a rega por submersão em canteiros para arroz, a rega por infiltração por sulcos ou por faixas e a rega por escoamento livre, como o caso da rega usada em lameiros;
- Rega por aspersão: compreende sistemas estáticos e dispostos em quadrícula, fixos ou deslocáveis;
- Rega localizada ou microrega: compreende a rega por gotejamento, por gotejadores, ou por tubos perfurados ou porosos, a micro-aspersão e a rega sub-superficial por tubos perfurados e tubos porosos;
- Rega subterrânea: realizada por controlo da profundidade do lençol freático, sem grande representação em Portugal, salvo excepção da prática a sul da Ria de Aveiro e nas várzeas de Póvoa de Varzim.

A rega de baixo volume está a ganhar popularidade nos mercados agrícolas e de espaços verdes, porque pode fornecer eficiência em relação à água até 98% para as aplicações adequadas. Este tipo de rega utiliza gotejadores, brotadores e micro pulverizadores de modo a distribuir a quantidade de água, de forma lenta e uniforme, nas raízes das plantas ou próximo delas, eliminando as perdas. Estes componentes, combinados com controlos avançados que ajustam os calendários de rega, de acordo com as condições climáticas e as necessidades das plantas constituem, hoje em dia alguns dos sistemas disponíveis mais eficientes.

Como se referiu anteriormente, a água usada para regar jardins pode variar de 25 a 70% da água utilizada na globalidade, dependendo do local. Grande parte da água usada em espaços verdes é utilizada para regar relvados. No entanto, embora a relva tenha tendência a exigir mais água do que outros tipos de plantas, é muitas vezes regada em excesso, o que é uma forte razão para o seu elevado consumo de água.

Os relvados provêm de selecções de associações de gramíneos, eles precisam de bastante manutenção e água para assegurar uma boa qualidade. Por outro lado, já os prados de regadio não requerem tanta manutenção.

É pertinente sublinhar que parte significativa das espécies de relva que são, na grande maioria das vezes, utilizadas em jardinagem têm origem em países com clima atlântico caracterizado por invernos suaves, verões pouco calorosos e a existência de chuvas ao longo do ano. Assim sendo, será fácil perceber que, perante transformações repentinas de temperatura e perante a radiação solar intensa, este tipo de relva é mais frágil. Isto demonstra que quando se pretende semear relva, tem de se ter em conta algumas questões importantes acerca da zona como, por exemplo, o clima da mesma, tipo de solo e a sua reserva de água.

Por conseguinte, a grama (sobrevivente a regiões áridas ou frias, bem como nas quentes e secas), e a grama grossa, a mais indicada para climas secos ou temperaturas baixas (podendo viver apenas com água pluvial), são as mais resistentes.

Para além da rega, é importante referir que, no tratamento de um relvado, existem algumas operações que não devem ser descuradas, como a fertilização e corte. Por outro lado, existem determinadas particularidades atmosféricas que condicionam as características dos relvados, ou seja, a luz, o vento, a humidade e a temperatura e também a evapotranspiração dos relvados, sendo estas responsáveis por parte do gasto de água.

A conversão para um sistema de rega mais eficiente pode envolver o uso de tecnologias muito avançadas e equipamentos dispendiosos. No entanto, a prática da rega eficiente pode ser tão simples como ajustar um temporizador para aspersor, para regar menos durante os meses de Inverno, e fazer verificações trimestrais do sistema (22).

Os primeiros sistemas de rega por aspersão ocorreram no início do século XX em relvados, mais tarde estes foram adaptados a pomares, viveiros e horticultura intensiva. Contudo a grande expansão deste método apenas aconteceu depois do final da II Guerra Mundial, na Alemanha e norte de Itália.

Actualmente, os aspersores dominam a operação de rega a nível mundial, em agricultura e espaços verdes. Eles variam desde os pequenos pulverizadores emergentes usados num simples jardim, até aspersores rotativos de maiores dimensões para aplicações comerciais ou agrícolas. O método de rega por aspersão é utilizado em cerca de 10% das áreas regadas a nível mundial (23). A sua utilização é mais elevada em países desenvolvidos, e opera com baixos custos de energia.

Em Portugal, a difusão deste método de rega foi inicialmente lenta, devido aos seguintes factores:

- Má projecção de muitas instalações de rega;
- Os empreendimentos hidroagrícolas realizados pelo Estado previam essencialmente a distribuição de água pelo *método de rotação* (turnos), muito pouco propício ao emprego da rega por aspersão.

Perante grandes áreas ajardinadas, deverá optar-se por um sistema de rega utilizando aspersores. Estes têm uma maior eficiência, adaptando-se a qualquer configuração do terreno, permitindo variar a quantidade da rega consoante as necessidades, reduzindo o problema do escoamento superficial. Este tipo de rega tem como principal inconveniente o custo inicial, sendo mais elevado dos demais sistemas (Figura 3.20).



Figura 3.20 – Rega por aspersão

A rega por micro aspersão constitui uma variância do sistema por aspersão que, no entanto, possibilita uma eficiência superior à aspersão convencional (90%), sendo muito utilizada para a irrigação de culturas perenes (22). Também é considerada como irrigação localizada. Porém, o caudal dos micro aspersores é superior ao emanado pelos gotejadores.

Os sistemas de rega por aspersão possibilitam a rega de jardins de modo bastante eficiente e autónomo. No entanto, as cabeças dos aspersores são bastante vulneráveis, aquando a sua destruição, deixando de ser eficazes, resultando em elevadas perdas de água.

Recentemente surgiu no mercado um sistema que permite o fecho automático nos *sprinklers*, de forma a reduzir ou eliminar o problema das perdas de água, cessando o fluxo de água no *sprinkler* que excedeu a taxa de fluxo normal. A válvula estabelece o elo de ligação, entre a linha de abastecimento de água e a cabeça do aspersor, num sistema de rega. Quando a cabeça do aspersor ou o tubo de ascensão ficam danificados (devido a algum estrago, como por exemplo passagem de um veículo), a válvula é automaticamente activada e interrompe o fluxo de água no *sprinkler* estragado. Esta válvula consiste num corpo tubular equipado com um rolamento de esferas posicionadas no seu interior (Figura 3.21). Essa interrupção oferece também, a pressão necessária para garantir novamente o bom funcionamento dos restantes pulverizadores accionados (Figura 3.21).

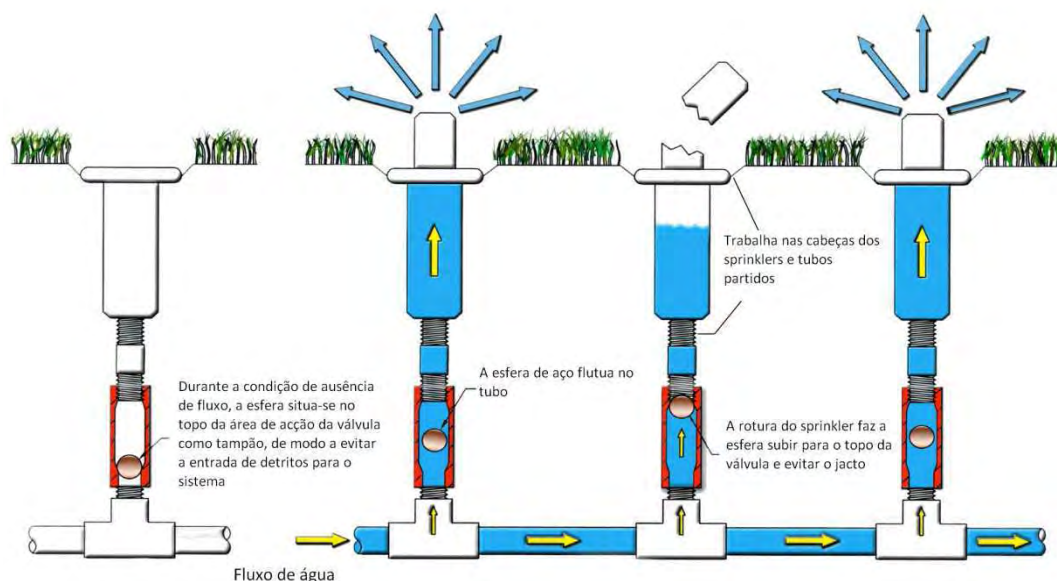


Figura 3.21 – Esquema de funcionamento de uma válvula de fecho automático

Sempre que, num sistema de aspersores, ocorre a quebra de um *sprinkler*, a água continua a fluir livremente para fora do mesmo até a anomalia ser identificada e reparada o que se traduz numa perda muito elevada. Por vezes, a taxa de fluxo de água aumenta nesse intervalo e o aumento da pressão de água acaba por produzir uma espécie de géiser. A água que flui livremente para fora do sistema, provoca a inundação das áreas envolventes, corroendo ou danificando. Além do mais, é desperdiçada uma quantidade significativa água, resultante do fluxo incondicional. A contínua ausência da restrição de pressão fornecida através de uma cabeça de aspersão, operando normalmente, implementa nas restantes cabeças do sistema uma pressão inferior ao funcionamento optimizado das mesmas. Isto origina a rega insuficiente das áreas afectadas. Assim sendo, todo o sistema de aspersão é afectado por uma única quebra numa cabeça de aspersão. A maioria dos sistemas de aspersão em são definidos com temporizadores automáticos a executarem à noite ou durante as primeiras horas da manhã. Portanto, as quebras no sistema muitas vezes não são detectadas durante longos períodos de tempo, resultando em centenas de litros de água desperdiçada em cada sistema, aquando ocorrem quebras.

Relativamente à rega gota-a-gota, esta consiste no fornecimento de água em pontos específicos do terreno, a partir dos quais se difunde até uma certa profundidade. As vantagens da utilização de um sistema de rega gota-a-gota são inúmeras, entre as quais se destacam a economia de água, possibilidade de emprego em qualquer tipo de terreno, economia de mão-de-



obra, a possibilidade de incorporação de fertilizantes, melhorias qualitativas e quantitativas das produções e maior facilidade na realização de operações no terreno das culturas.

A rega gota-a-gota efectua-se através de uma tubagem (Figura 3.22) dotada de pequenos orifícios, localizados exactamente nos pontos em que se pretende a irrigação e que permitam apenas a saída de pequenas quantidades de água. A água escoar a baixa pressão e o caudal debitado por gotejador é reduzido, variando entre 2 e 8 l/h (24).



Figura 3.22 – Rega gota a gota

Este método é o que apresenta maior eficiência, pois permite manter a humidade do solo bastante uniforme, reduzindo as perdas por evaporação e por escoamento superficial. Além disso, é um sistema que pode ser adaptado para rega mesmo nas zonas de grande declive. Tem como inconvenientes o risco de obstrução dos orifícios e um tempo de vida útil mais curto do que os outros equipamentos. A rega gota-a-gota não é aconselhada para rega de espécies com raízes pouco profundas, como no caso da relva. É o método ideal para rega de plantas verdes e arbustos, não exigindo um investimento inicial em equipamento elevado. Não deve, no entanto, ser utilizada em grandes superfícies, aplicando-se em linhas ou faixas (arbustos, árvores e canteiros).

### 3.5. Isolamento de tubagens

#### 3.5.1 Introdução

A colocação de isolamento numa tubagem permite, conservar o calor no interior dos tubos durante um intervalo de tempo superior, em vez de dispersá-lo no ar. O efeito que se pretende com o isolamento é a manutenção da temperatura da água durante mais tempo, reduzindo o volume de água desperdiçada até se alcançar a temperatura desejada.

Assim, o isolamento térmico das tubagens possui especial relevância quando se trata do transporte de água quente. Este permite reduzir o gradiente entre a temperatura da água à saída do aparelho de aquecimento, e a sua chegada ao dispositivo de utilização, ou no seu regresso ao dispositivo de aquecimento. No caso das tubagens de água quente sem circulação, as necessidades de isolamento devem ser devidamente ponderadas, sendo imprescindíveis em instalações com circuitos de retorno.



Figura 3.23 – Isolamento de tubagem (Armacell).

A temperatura da água quente na distribuição, quando destinada a fins domésticos e sanitários, ronda os 50°C/60°C. No caso das unidades de produção e acumulação, situa-se entre os 70°C e os 80°C.

Nos ramais de alimentação dos dispositivos sanitários, admite-se que o isolamento térmico é dispensado devido à sua reduzida dimensão linear.

Ao longo de muitos anos, o isolamento das tubagens, consistia em envolver o tubo a isolar recorrendo a fibra de vidro e ao corte e colocação do revestimento no redor dos acessórios.



Hoje em dia, o isolamento de tubagens processa-se de um modo mais simples, rápido e sobretudo mais eficaz, coexistindo um vasto leque de materiais destinados a essa actividade.

Os materiais a utilizar no isolamento térmico das tubagens (por exemplo: coquilhas de polietileno), segundo (25), devem ter as seguintes características:

- Imputrescíveis;
- Não corrosíveis;
- Resistentes aos microrganismos;
- Resistentes à humidade;
- Ter em conta os aspectos inerentes do comportamento ao fogo;
- Quando sujeitos a acções extremas, deverão ser protegidos de modo a evitar a sua degradação ou envelhecimento, de acordo com as indicações do fabricante (por exemplo: aplicação de revestimento exterior de folha de alumínio).

O isolamento das tubagens deve ser abrangente, incluindo acessórios de união e zonas de suporte ou amarração.

Para além disso, o isolamento da tubagem numa rede de abastecimento de água quente ajuda, a reduzir as perdas da "reserva" de calor no aquecedor de água. As perdas da reserva de calor ocorrem, quando o aquecedor de água está simplesmente inactivo. Durante um determinado período de tempo, a dispersão de calor no reservatório do aquecedor de água, e dos tubos que entram e saem da parte superior da unidade, faz com que a temperatura da água dentro do tanque diminua. Consequentemente, o termóstato é activado e o piloto acende, ou os elementos eléctricos são ligados. A água aquece novamente, somente para arrefecer gradualmente através dos efeitos de arrefecimento do tanque e dos tubos. É um ciclo contínuo, agravado pela perda de calor através dos tubos na parte superior do aquecedor de água. Embora seja mais lógico isolar os tubos de água quente, é uma boa ideia isolar também os primeiros 1,5 m, aproximadamente, do tubo de água fria no aquecedor de água. Tal, ajuda a reduzir a perda de calor, que migra do tanque do aquecedor de água até ao tubo.

### 3.5.2 Critérios a ter em conta para a espessura do isolamento

O isolamento de tubagem, visa minimizar os fluxos de calor, quer por problemas técnicos (segurança), quer por problemas económicos (economizar energia), ou ainda por critério de conforto térmico.

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 79/2006, estabelece as espessuras mínimas regulamentares para o isolamento de tubagens, as quais se podem observar na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Valores de referência de espessuras de isolamento para tubagens segundo a regulamentação portuguesa.

Diâmetro exterior do tubo (mm)	Espessura do material isolante (mm)	
	Temperatura da água (°C)	
	Água Quente	
	40 a 65	66 a 100
$D \leq 35$	20	20
$35 < D \leq 60$	20	30
$60 < D \leq 90$	30	30
$90 < D \leq 140$	30	40
$140 < D$	30	40

Os valores das espessuras acima indicados são, calculados para um isolamento com condutibilidade térmica de referência  $\lambda_{\text{ref}}$ , de 0,040 W/ (m.K) a 20°C. O mesmo regulamento diz também que se se utilizar isolamentos com contabilidade térmica diferentes, a espessura tem de ser corrigida de acordo na proporção directa do respectivo  $\lambda$  em relação ao valor de referência  $\lambda_{\text{ref}}$ .

Exceptuam-se destes requisitos as tubagens destinadas à distribuição de água quente sanitária sem circulação permanente em anel, em edifícios de habitação sem sistema de produção centralizado e, eventualmente, situações diferenciadas para tubagens enterradas.

O fluxo de calor através do isolamento de tubagem com diâmetro externo  $d_0$  e diâmetro interno (do isolamento - igual ao diâmetro externo do tubo), definido por  $d_i$

$$Q = \frac{l2\pi k\Delta T}{\ln(d_0/d_i)}$$

onde  $l$  representa o comprimento do tubo,  $k$  a condutividade térmica do material de isolamento, e  $\Delta T$  a diferença de temperatura entre as paredes interna e externa do isolamento. Se o isolamento for suficientemente espesso e tiver uma condutividade térmica suficientemente baixa, a temperatura da superfície externa do isolamento deverá estar próxima da temperatura ambiente, e  $\Delta T$  deve estar próxima da diferença de temperatura entre a temperatura do fluido no tubo e a temperatura ambiente.

A relação entre a perda de calor e a diferença de temperatura pode ser expressa em termos de resistência térmica  $R_{th}$ , definida por  $Q = \Delta T / R_{th}$ . Para o isolamento da tubagem,

$$R_{th} = \frac{1}{l2\pi k} \ln\left(\frac{d_0}{d_i}\right)$$

Para a construção de isolamento envolvente em formas rectangulares, o valor  $R_v$  representa a resistência térmica de uma unidade de área (secção de 1 metro quadrado) de isolamento, de tal forma que

$$R_v = R_{th} \cdot A$$

onde  $A$  é a área da superfície sobre a qual a resistência térmica é calculada. Aplicando o isolamento para a tubagem não é simples, porém, porque a área da superfície utilizada poderia ser a área do cilindro interno

$$A_i = l\pi d_i$$

ou a área do cilindro exterior

$$A_0 = l\pi d_0$$

Os R-valores resultantes seriam

$$R_{v,i} = \frac{d_i}{2k} \ln\left(\frac{d_0}{d_i}\right)$$

ou

$$R_{v,0} = \frac{d_0}{2k} \ln\left(\frac{d_0}{d_i}\right)$$

Isto permite indicar um valor superior, mas sem utilidade para se poder comparar diferentes tipos de isolamento porque, uma vez que as necessidades de isolamento para uma tubagem,  $A_i$  são constantes independentemente do tipo de isolamento escolhido,  $A_0$ , ao passo que depende do isolamento escolhido para a referida tubagem.

Do valor cotado pelo fabricante  $R_{v,0}$ , pode-se calcular a resistência térmica

$$R_{th} = R_{v,0} / A = \frac{R_{v,0}}{\pi d_0 l}$$

e o fluxo de calor

$$Q = \Delta T / R_{th} = \frac{\Delta T \pi d_0 l}{R_{v,0}}.$$

### 3.6. Torneiras temporizadas e de sensor

No uso predial, considera-se susceptível a aplicação de torneiras hidromecânicas, de sensor ou electrónicas, visando a redução de perdas.

No caso da utilização de torneiras hidromecânicas, o controlo do escoamento é alcançado através de regulação de caudal, de forma que o utilizador não interfira, uma vez que é regulado convenientemente em função da pressão adequada, para a correcta operação do dispositivo. A temporização do ciclo de funcionamento da torneira permite também a redução do consumo de água. Este intervalo de tempo deve ser regulado, para que o utilizador não necessite de accionar o dispositivo constantemente, numa única operação de lavagem.

A torneira da Figura 3.24, apesar de ser accionada manualmente, possui uma função de ligar/desligar, o que permite ao utilizador cessar o fluxo de água antes de término do ciclo programado *a priori*. A mesma permite também, a activação de um modo de segurança, evitando que a torneira permaneça aberta devido a falha de energia. O tempo de operação, é regulado electronicamente e não está relacionado com nenhuma parte ligada ao fornecimento de água, reduzindo assim o risco de inundações.



Figura 3.24 – Torneira hidromecânica (Sanidusa)

Actualmente, existe no mercado inúmeros tipos de torneiras temporizadas. Contudo há que ter em atenção até que ponto estas, são de facto económicas, dado que o funcionamento a caudal máximo durante todo o período de abertura pode não conduzir a significativas reduções nos consumos

Relativamente às torneiras de sensor, o comando e ciclo de funcionamento destes equipamentos dá-se através de um sensor de presença. A torneira funciona apenas quando o sensor detecta a presença das mãos do utilizador, quando este as aproxima, liberando assim o fluxo

de água. O sistema é alimentado através de energia eléctrica do local (220V), ou com recurso a baterias, consoante os modelos.



Figura 3.25 – Torneira de sensor (modelo Hytronic da Geberit)

As misturadoras termoestáticas permitem a regulação automática da temperatura de água quente na saída, uma vez que possuem um dispositivo que permite a fixação da temperatura desejada pelo utilizador. Este tipo de dispositivos de utilização, distingue-se basicamente, em termos de desempenho funcional, pela redução do intervalo de tempo necessário para obtenção da temperatura desejada da água, o que se poderá, eventualmente, traduzir-se na redução de desperdícios de água, assim como dos consumos de água e consequente poupança de energia.

### 3.7. Notas conclusivas

Da análise deste Capítulo conclui-se que, com base nos critérios assinalados, segundo os diferentes tipos de perdas e desperdícios de água, foram estabelecidos parâmetros que permitem a redução dos mesmos.

Resumidamente, pode assinalar-se as várias medidas que foram propostas anteriormente para a redução das perdas e desperdícios de água, das quais:

- Detecção de perdas de água em dispositivos;
- Implementação de circuitos de circulação e retorno de água quente;
- Implementação de dispositivos que procedem ao corte de água quando se verifica anomalias no sistema de rega;
- Isolamento de tubagem de água quente;

- Utilização de torneiras eléctricas e de sensor de forma a reduzir o volume de água em excesso para a execução de determinada actividade.

A distribuição de água quente sanitária, como foi referido anteriormente, representa uma fonte de perdas e desperdícios de água quando os tempos de espera são elevados.

Existem dois tipos de circuitos de retorno: circuito fechado (circulação) e aberto (retorno). No circuito fechado é necessário implementar uma tubagem suplementar para devolver a água morna ao sistema de aquecimento, de modo a reaquecê-la para uso posterior.

No circuito aberto a água morna é encaminhada para o sistema de aquecimento através da tubagem de água fria no dispositivo mais afastado.

O circuito aberto permite num sistema simples de abastecimento de água quente, o fornecimento de água quente instantânea, permitindo a poupança de tubagens. Contudo é necessária a aplicação de válvulas e outros acessórios, de forma a evitar o fluxo cruzado entre as linhas de água fria e água quente, a pressurização da bomba, etc.

Dado que a rega de jardins assume uma percentagem elevada no consumo de água, há que ter em atenção as perdas e desperdícios associados. De modo a minimizar as perdas e desperdícios nos sistemas de rega, devem ser implementadas no sistema acessórios que permitam o corte de água automático, sensores de detecção de humidade do solo, entre outros.

O isolamento das tubagens assume particular importância quando se trata do transporte de água quente, uma vez que este permite reduzir o gradiente entre a temperatura da água à saída do dispositivo de aquecimento e a sua chegada ao dispositivo de utilização, ou no seu regresso ao dispositivo de aquecimento. A redução do gradiente térmico favorece a redução das perdas e desperdícios de água, visto que permite assegurar temperaturas mais constantes ao longo da tubagem de abastecimento de água quente sanitária.

Em relação às torneiras, a utilização de torneiras misturadoras, de monocomando ou termostáticas, permitem além da redução do consumo por utilização, minimizar o desperdício de água até se obter a temperatura desejada (por eliminação do tempo de regulação da temperatura e facilidade de abertura e fecho).

## **CAPÍTULO 4 - CASO DE ESTUDO**

### **4.1. Introdução**

Pretende-se agora desenvolver estudos sobre o eventual interesse de implementar um sistema de retorno de água, de modo a reduzir as perdas de água no Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

### **4.2. Dados Relevantes da instalação**

#### **4.2.1. Abastecimento de água**

O abastecimento de água ao edifício é realizado, através da rede pública existente na via confinante, com tubagem de PVC (Policloreto de Vinilo) da classe 1 MPa.

#### **4.2.2. Distribuição de águas**

A jusante do contador, a distribuição de água fria e água quente sanitárias é estabelecida através de tubagens em Aço Inoxidável AISI – 316 com acessórios de ligação por prensagem em Aço Inoxidável AISI – 316.

#### **4.2.3. Processo de produção de água quente**

A água quente é produzida por um termoacumulador, instalado num compartimento técnico onde está localizada a central de aquecimento. As tubagens de água quente possuem isolamento aplicado em coquilhas de neopren com 25mm de espessura.

#### **4.2.4. Dispositivos sanitários**

Na instalação sanitária, na qual se efectuará o caso de estudo, ao nível de dispositivos de utilização de água quente, possui 2 chuveiros e 5 lavabos.

### 4.3. Análise

O caso de estudo baseia-se nas medidas apresentadas no Capítulo 3 para o edifício de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Uma vez que, o sistema de rega do espaço verde adjacente ao edifício faz parte integrante do sistema central de rega do Campus universitário, as torneiras aplicadas nas instalações sanitárias são termoestáticas com temporizador, apenas será implementado um sistema de retorno de água quente.

O espaço no qual se baseará o estudo apresenta a seguinte configuração de traçado (Figura 4.1 – Planta da distribuição de águas sanitárias):

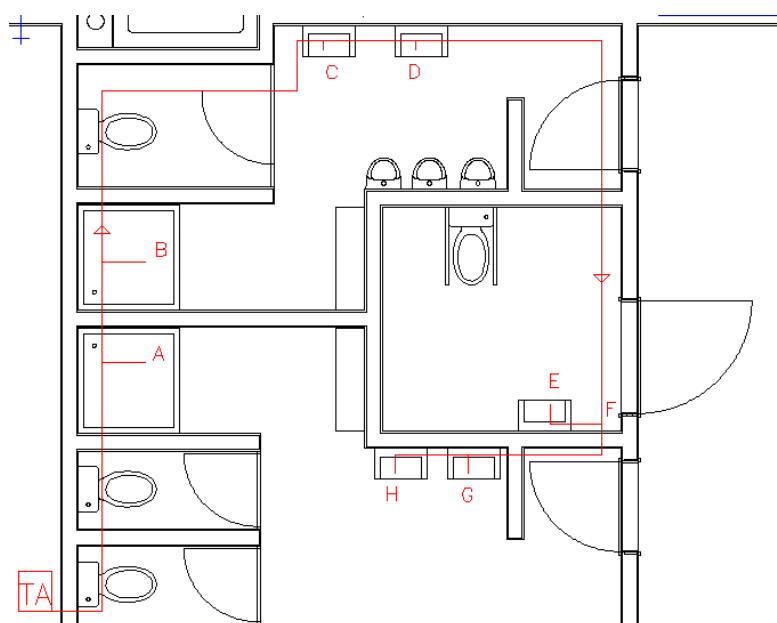


Figura 4.1 – Planta da distribuição de águas sanitárias.

O abastecimento de água quente sanitária apresenta-se definida pelo traçado a vermelho. Na figura, pode observar-se também a designação dos pontos no traçado, indispensáveis para o processo de cálculo.



## 4.4. Bases e critérios de dimensionamento

### 4.4.1 Introdução

Para o dimensionamento das tubagens destinadas ao abastecimento de água quente sanitária adopta-se o método da Norma Europeia (EN 806-3), a qual propõe um método simplificado para o dimensionamento de instalações de água para consumo humano no interior de edifícios, aplicável a instalações correntes.

A rede de água quente foi dimensionada de forma a garantir caudais e pressões satisfatórias para o bom funcionamento de todos os dispositivos de utilização, tendo em conta as necessidades estimadas e as condições regulamentares impostas.

Os caudais de projecto são traduzidos em “unidades de carga” ( $LU$ ), através de uma equivalência simples ( $1 LU = 0,1 \text{ l/s}$ ). A determinação dos caudais de cálculo nos diferentes troços da rede pode ser feita a partir do somatório das "unidades da carga", através de um método gráfico (26).

A Norma refere que o método é aplicável apenas a instalações correntes, deste modo considera-se essencial definir este conceito.

A Norma contém algumas indicações sobre esta matéria, referindo que as instalações se podem considerar como correntes quando (26):

- Os caudais de projecto nos dispositivos não excedem os indicados na Tabela 2 da referida Norma;
- Os padrões de utilização não conduzem a caudais de cálculo superiores aos obtidos através do Anexo B da Norma;
- A instalação não é concebida para um uso contínuo de água (definindo uso contínuo como aquele que tem uma duração superior a 15 minutos).

Na Tabela 4.1 reproduz-se a Tabela 2 da Norma Europeia, com os valores propostos para os caudais mínimos instantâneos nos dispositivos de utilização.

Tabela 4.1 – Caudais mínimos e caudais de projecto nos dispositivos de utilização convertidos em unidades de carga (EN .806-3).

Dispositivos de utilização	$QA$	$Q_{mín}$	LU
	l/s	l/s	
Lavatório, bidé, autoclismo de bacia de retrete, lava-mãos	0,10	0,10	1
Pia lava-louça doméstica, máquina de lavar roupa	0,20	0,15	2
Máquina de lavar louça, chuveiro, pia de despejo	0,20	0,15	2
Fluxómetro de mictório	0,30	0,15	3
Banheira (uso doméstico)	0,40	0,30	4
Torneira de serviço para rega ou lavagem (jardim, garagem)	0,50	0,40	5
Pia lava-louça não doméstica (DN 20), banho (não doméstico)	0,80	0,80	8
Fluxómetro DN 20	1,50	1,0	15
Para aplicações não domésticas consultar os fabricantes			

Na Figura 4.2 reproduz-se a figura do Anexo B da Norma.

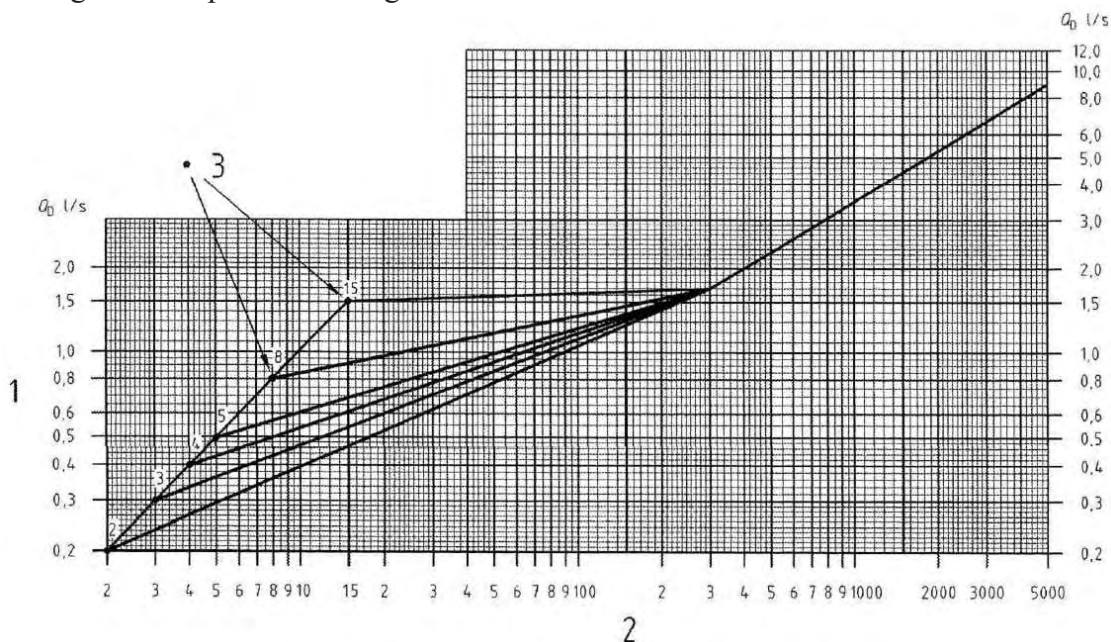


Figura 4.2 – Caudal de cálculo em função do caudal total (expresso em LU), de acordo com a EN 806-3.

A legenda 1 corresponde ao caudal de cálculo ( $Q_d$ ), em l/s, a legenda 2 corresponde ao somatório das “unidades de carga” ( $LU$ ) e a referência 3 exemplifica os valores de  $LU$  mais elevados que se podem encontrar nos dispositivos instalados. O traçado da curva a utilizar nos cálculos deve ser escolhido seguindo a linha que corresponde ao valor de  $LU$  mais elevado.

É relevante observar, contudo, que a Norma Europeia disponibiliza este gráfico como um meio para determinar os caudais de cálculo em função do somatório de  $LU$ , sempre que necessário, mas apresenta tabelas simplificadas que dispensam a determinação do caudal de cálculo. Estas tabelas simplificarão, contudo, parecendo ser baseadas em níveis de baixo conforto.

#### 4.4.2 Caudais

O caudal de cálculo é determinado em função do somatório das unidades de carga tendo em atenção um conforto normal dos utentes. Assim pela aplicação do método preconizado na Norma Europeia, dado através de:

Tabela 4.2 – Somatório das unidades de carga dos dispositivos existentes.

Dispositivos	LU
5 Lavatório	5x1=5
2 Chuveiro individual	2x2=4
<b><math>\Sigma</math>(Unidades de carga)</b>	<b>9</b>

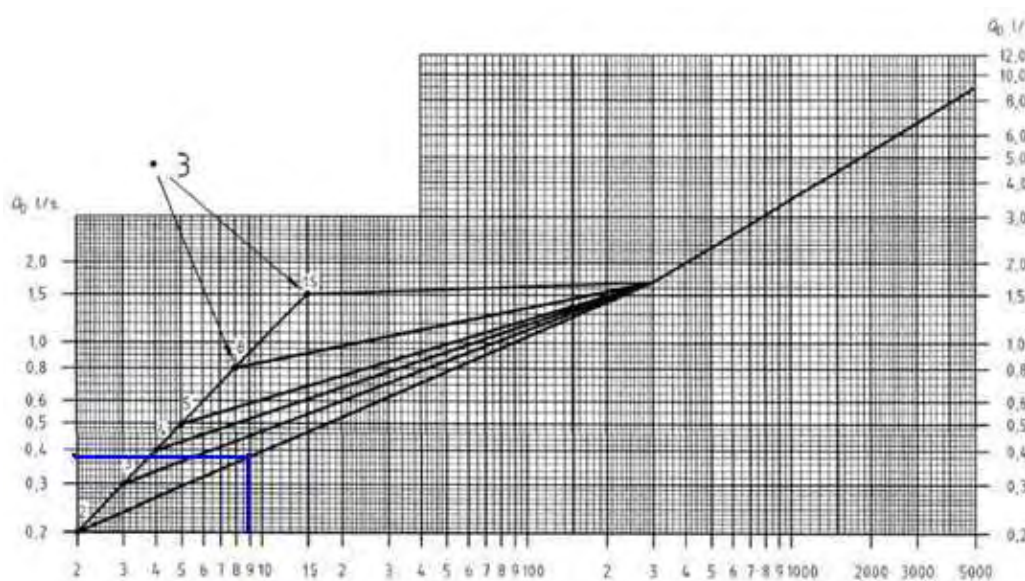


Figura 4.3 – Determinação do caudal de cálculo.

Através da

Figura 4.3, obtém-se o valor do caudal de cálculo para o primeiro troço (de TA a A),  $Q_{cal} = 0,38$  l/s. Os restantes valores encontram-se apresentados na Tabela 4.3.

#### 4.4.3 Diâmetros

Os diâmetros das tubagens são determinados em função do caudal de cálculo, da velocidade de escoamento. Os diâmetros foram obtidos, através de tabelas aplicáveis ao aço inoxidável, para níveis de conforto normal, de acordo com (26).

DN (mm)	Di (mm)	Conforto normal		Grande conforto	
		Velocidade máxima (m/s)	Caudal máximo (l/s)	Velocidade máxima (m/s)	Caudal máximo (l/s)
15,0	13,8	0,94	0,14	0,75	0,11
15,0	13,0	0,90	0,12	0,72	0,10
18,0	16,6	1,07	0,23	0,86	0,19
18,0	16,0	1,04	0,21	0,84	0,17
22,0	20,6	1,25	0,42	1,00	0,33
22,0	19,6	1,20	0,36	0,96	0,29
28,0	26,4	1,48	0,81	1,19	0,65
28,0	25,6	1,45	0,75	1,16	0,60
35,0	33,0	1,73	1,48	1,39	1,19

Figura 4.4 – Tabela de dimensionamento aço inox para nível de conforto normal (26).

Os diâmetros escolhidos encontram-se dentro dos limites preconizados pela legislação em vigor.

#### 4.4.4 Perdas de Carga

As perdas de carga contínuas ao longo da tubagem, foram determinadas, através da aplicação da fórmula de Flamant. Esta fórmula é traduzida pela igualdade

$$J = a U^{1,75} D_i^{-1,25}$$

com  $J$  em m/m e  $D_i$  em metros. O coeficiente  $a$  depende do material e do fluxo de temperatura, adoptou-se o valor de 0,00056 (26). Foi aplicada uma redução de 20% para o valor de  $a$ , uma vez que o fluido a transportar na tubagem é água quente.

Para as perdas de carga localizadas tais como: curvas, tês, reduções não bruscas, uniões, etc., adoptou-se o processo dos comprimentos equivalentes, por conversão da perda localizada através de um comprimento equivalente  $L_c = 1,25 L$  real.

#### 4.4.5 Pressões

O cálculo hidráulico das pressões foi efectuado com base nas perdas de carga lineares e localizadas, bem como dos desníveis a vencer. Foi adoptado uma pressão à entrada de 31 m.c.a. de acordo com manómetros instalados no local.

#### 4.4.6 Cálculos

Na Tabela 4.3 – Cálculo dos caudais e diâmetros da tubagem de alimentação de água quente., apresenta-se de forma compacta os cálculos realizados em Excel para a rede de abastecimento de água quente.

Tabela 4.3 – Cálculo dos caudais e diâmetros da tubagem de alimentação de água quente.

Troço		Comprimento		Diferença de cotas	Caudal		Diâmetro		Velocidade
N.º	Designação	Real	Cálculo		Acumulado	Cálculo	Nominal	Interior	
-	nó	L	Lc	$\Delta z$	Qa	Qc	DN	Di	U
-	-	(m)	(m)	(m)	LU's	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)
1	TA-A	2,67	3,34	0	9	0,38	28	25,6	0,74
2	A-B	0,89	1,11	0	7	0,34	22	19,6	1,13
3	B-C	4,00	5,00	0	5	0,29	22	19,6	0,96
4	C-D	0,82	1,03	0	4	0,27	22	19,6	0,89
5	D-F	5,58	6,98	0	3	0,24	22	19,6	0,80
6	F-E	0,46	0,58	0	1	0,2	18	16	0,99
7	F-G	1,46	1,83	0	2	0,2	18	16	0,99
8	G-H	0,65	0,81	0	1	0,2	18	16	0,99

Tabela 4.4 – Cálculo das perdas de cargas e verificações das pressões mínimas nos dispositivos.

Perdas de Carga				Pressão	
Unitária	Contínua	Localizadas	Totais	Montante	Jusante
J	$\Delta H$	$\Delta HL$	$\Delta Ht$	pm	pj
(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
0,103	0,343	5	5,343	31,00	25,66
0,301	0,335		0,335	25,66	25,32
0,228	1,140		1,140	25,32	24,18
0,201	0,206		0,206	24,18	23,98
0,164	1,142		1,142	23,98	22,83
0,312	0,179		0,179	22,83	22,65
0,312	0,569		0,569	22,65	22,08
0,312	0,254		0,254	22,08	21,83

#### 4.4.7 Circuito de retorno

Após o cálculo da tubagem de alimentação de água quente, resta calcular a tubagem de retorno e circulação de água quente.

Para o cálculo da tubagem de retorno de água quente, recorrendo-se ao boletim informativo “Guide de L’ A.I.C.V.F. – Documentation et informations” referido em (27), deve focar-se as seguintes conclusões:

- 1) A circulação da água quente não deverá permitir diferenças de temperatura superiores a 5°C.

Observa-se, no entanto que o valor de 5°C, não tem qualquer carácter vinculativo, apresenta-se meramente como um valor guia.

- 2) As perdas de calor em Kcal/h por metro linear de tubagem de diâmetro exterior  $\phi$  e são respectivamente:

- i) Tubagem nua  $2x \phi$
- ii) Tubagem revestida  $2/3x \phi$



3) As considerações anteriores são válidas para qualquer que seja o caudal circulante.

Face a estas considerações, calcula-se o diâmetro da tubagem de retorno de modo a assegurar um caudal suficiente no sistema, de modo a respeitar a condição expressa em 1).

De modo a ter-se uma redução de temperatura de 5°C, a quantidade de calor perdida será

$$Q_{calor} = Q \cdot l \cdot \Delta t \quad \text{Kcal/h, se } Q \text{ for expresso em l/h.}$$

Uma vez que se admite que a perda de calor é independente do caudal em circulação na tubagem, dependendo apenas do diâmetro e do isolamento, aplicando este conceito à tubagem de alimentação podemos calcular o valor de  $Q_{calor}$ , onde

$$Q = \frac{Q_{calor}}{\Delta t}$$

Conhecidos os caudais e os diâmetros de alimentação de água quente sanitária, podem calcular-se os diâmetros de retorno.

Apresentam-se esquematicamente o possível esquema do sistema de retorno para a dada instalação na Figura 4.5 definido pelo traçado a roxo.

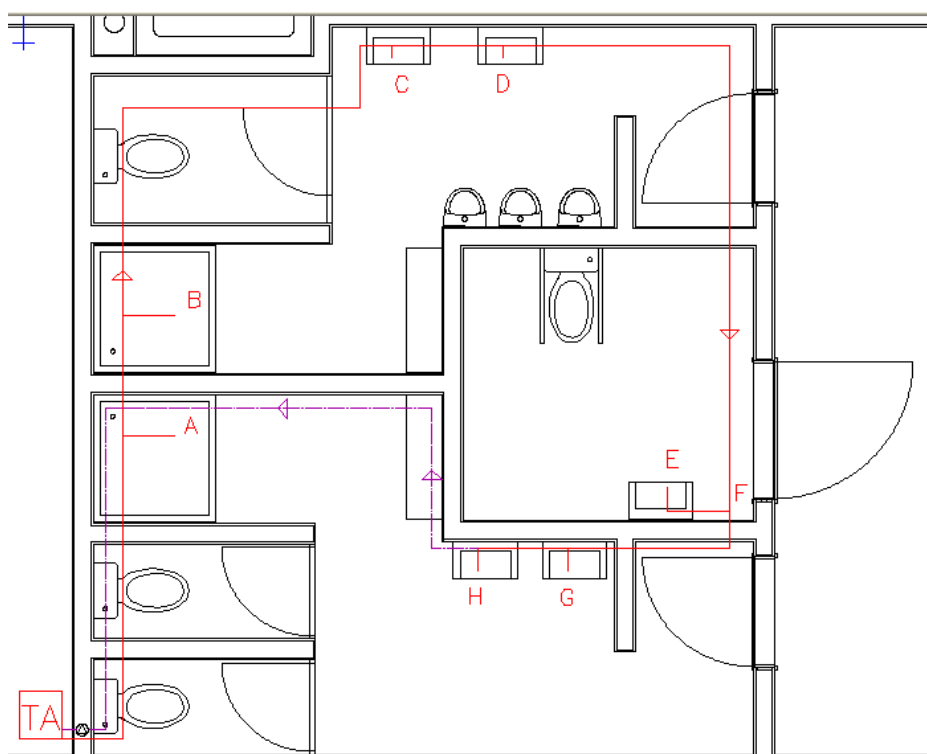


Figura 4.5 – Sistema de distribuição de águas com a implementação do sistema de retorno.

Por exemplo do termoacumulador (TA) ao primeiro chuveiro (ponto A), verifica-se uma variação de temperatura

$$\Delta T_1 = \frac{Q_{calor_1}}{Q}$$

Tabela 4.5 – Cálculo do circuito de retorno.

Troço		Comprimento		Diâmetro	Perdas de Calor	Caudal	Perda de Temperatura
N.º	Designação						
	nó	L	L acum.	øexterno	Ki	Q	ΔT
-	-	(m)	(m)	(mm)	(Kcal/h.m)	(l/h)	(°C)
1	TA-A	2,67	2,67	28	49,84		1,01
2	A-B	0,89	3,56	22	13,05		0,27
3	B-C	4,00	7,56	22	58,67		1,19
4	C-D	0,82	8,38	22	12,03		0,24
5	D-F	5,58	13,96	22	81,84		1,66
6	F-E	0,46	14,42	18	5,52		0,11
7	F-G	1,46	15,88	18	17,52		0,36
8	G-H	0,65	16,53	18	7,80		0,16
9	H-TA	6,55	23,08	15			
					246,27	49,25	

Para o diâmetro da tubagem da linha de retorno, foi considerado um diâmetro de 18 mm, baseado na bibliografia consultada.



#### 4.4.8 Dimensionamento da bomba de retorno

O sistema de bombagem, vai ser dimensionado, tendo em consideração o seu funcionamento durante as 7 e as 22 horas, o que equivale a 15 horas de funcionamento consecutivo.

Tabela 4.6 – Tabela de verificação de velocidades no circuito de retorno

Troço		Comprimento		Diferença de cotas	Caudal	Diâmetro		Velocidade
N.º	Designação	Real	Cálculo			Nominal	Interior	
-	nó	L	Lc	$\Delta z$	Q	DN	Di	U
-	-	(m)	(m)	(m)	(l/s)	(mm)	(mm)	(m/s)
1	TA-A	2,67	3,34	0	0,014	28	25,6	0,03
2	A-B	0,89	1,11	0	0,014	22	19,6	0,05
3	B-C	4,00	5,00	0	0,014	22	19,6	0,05
4	C-D	0,82	1,03	0	0,014	22	19,6	0,05
5	D-F	5,58	6,98	0	0,014	22	19,6	0,05
6	F-E	0,46	0,58	0	0,014	18	16	0,07
7	F-G	1,46	1,83	0	0,014	18	16	0,07
8	G-H	0,65	0,81	0	0,014	18	16	0,07
9	H-TA	6,45	8,06	0	0,014	18	16	0,07

Tabela 4.7 – Determinação das perdas de carga e verificação das pressões

Perdas de Carga				Pressão	
Unitária	Contínua	Localizadas	Totais	Montante	Jusante
J	$\Delta H$	$\Delta H_L$	$\Delta H_t$	pm	pj
(m/m)	(m)	(m)	(m)	(mca)	(mca)
0,000	0,000	1	1,000	31,00	30,00
0,001	0,002		0,002	30,00	30,00
0,001	0,003		0,003	30,00	29,99
0,001	0,004		0,004	29,99	29,99
0,001	0,005		0,005	29,99	29,98
0,003	0,017		0,017	29,98	29,97
0,003	0,020		0,020	29,97	29,95
0,003	0,023		0,023	29,95	29,92
0,003	0,026		0,026	29,92	29,90
			$\Sigma$ 1,101		

O caudal de base para a determinação do tipo de bomba a instalar, foi determinado anteriormente, na Tabela 4.5 no dimensionamento do circuito de circulação de água quente.

No cálculo das perdas de carga totais, adoptou-se para perda de carga localizada no termoacumulador 1 mca, uma vez que neste tipo de sistemas a água é apenas conduzida para o sistema de aquecimento, havendo perda de carga eventualmente na válvula junto do mesmo.

A potência da bomba pode ser calculada através da expressão abaixo indicada, em que se considera para efeito de cálculo um rendimento de 75%.

$$P = \frac{\gamma Q H_u}{\mu}$$

$$P = \frac{9800 \times 0,014 \times 1,01}{0,75} = 184 \text{ W}$$

Como seria de esperar, a potência de cálculo da bomba é bastante reduzida. A Figura 4.6 ilustra a curva característica da bomba a implementar.

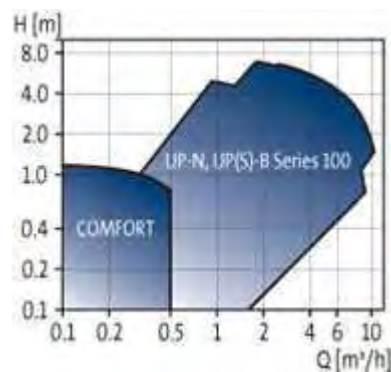


Figura 4.6 – Curva característica da bomba para a circulação de água quente (modelo confort, Grundfos).

O tipo de bomba anteriormente descrita permite ser aplicada em instalações cuja temperatura fluido a bombear tenha um máximo de 110 °C e com perdas de carga até 7 mca, o que se enquadra perfeitamente no caso de estudo.

Na Figura 4.7 pode observar-se um exemplo do tipo de bomba a aplicar na instalação.



Figura 4.7 – Bomba a aplicar no sistema de circulação de água quente

#### 4.4.9 Cálculo da dilatação térmica linear

O cálculo da dilatação térmica do tubo aço inox pode ser efectuado do seguinte modo, mediante o uso da fórmula:

$$\Delta l = \alpha L \Delta t$$

sendo:

L = Comprimento da tubagem em metros

$\Delta L$  = Dilatação do tubo em mm

$\alpha$  = Coeficiente de dilatação do material em mm/ (°C m).

$\Delta t$  = Diferença entre a temperatura de serviço e a verificada no momento da instalação indicada em °C.

A dilatação de 16,26 m de tubo inox com temperatura de serviço de 60 °C, montado a uma temperatura de 20 °C.

$$\Delta l = \alpha L \Delta t = 0,017 \times 16,26 \times (60 - 20) = 11,06 \text{ mm}$$

A dilatação pode ser facilmente absorvida nos acessórios (curvas, etc.), aproveitando a folga criada pelo isolamento flexível.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho teve como principal objectivo o estudo da redução das perdas e desperdícios de água em edifícios e a análise de possíveis soluções para os minimizar, incluindo a adequação dos sistemas de distribuição de água quente sanitária com circuitos de retorno, mas contribuindo para a melhoria da eficiência hídrica de edifícios.

A redução de perdas e desperdícios a nível predial, apesar de consistir ainda um assunto pouco abordado, exige cada vez mais atenção. Em países como Portugal, em risco de stress hídrico, a redução de perdas e desperdícios, torna-se numa questão preponderante a curto/médio prazo, uma vez que a disponibilidade destes se encontra em constante declínio.

Quando a redução de perdas e desperdícios de água, se associa a dispositivos de utilização de água quente, estes contribuem, para além da redução dos volumes consumidos, num contributo efectivo para a redução do consumo de energia.

É de focar uma vez mais que, com a redução de perdas e desperdícios, não se pretende, em primeira análise, melhorar a eficiência hídrica dos edifícios mas, com os dispositivos de utilização existentes, proporcionar a redução do volume de água, que até então era contabilizada e facturada mas, no entanto não consumida.

Como se pode concluir, ao nível de edifícios existe um amplo campo de actuações, visando a redução de perdas e desperdícios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VERDADE, J., 2008. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. *Aproveitamento de Água das Chuvas e Reutilização de Águas Cinzentas*. s.l., Porto, Portugal : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
2. TOMAZ, P. *Conservação da Água*. 1998.
3. SILVA-AFONSO, A. *Repensar o uso da água no ciclo predial. Contributos para a sustentabilidade*. CINCO'S 08, Curia, 2008.
4. SILVA AFONSO, A. *A Eficiência Hídrica como Contributo para a Eficiência Energética*. TEKTONICA. Seminário APCMC, Lisboa, 2009.
5. PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO - PROSAB. *Uso Racional da Água em Edificações*. Rio de Janeiro, Brasil : SERMOGRAF Artes Gráficas e Editora Ltda, 2006. ISBN 978-85-7022-154-4.
6. ALEGRE, H. *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Instituto da Água, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2005.
7. PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCD. *Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água*. Brasil : Presidência da República Ministério das Cidades, Brasil, 2004.
8. <http://www.unhabitat.org>., consultado a 27 de Maio de 2009.
9. ALEGRE, HELENA. *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição*. s.l. : IRAR Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2005.
10. MACHADO, M. *Cálculo do Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho de Perdas em 3 Subsistemas da Rede de Abastecimento de Santa Marta de Penaguião*. Vila Real, 2005.
11. LNEC. *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Lisboa : Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2001.
12. ÁGUAS DE PORTUGAL. *Elementos de Base para o Dimensionamento de Infra-Estruturas de Abastecimento de Água, Perdas*. s.l. : AdP, 2002.
13. <http://www.enops.com.br/>, consultado a 4 de Novembro de 2009.
14. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. *Medidas de Redução de Perdas, Elementos para Planeamento*. Brasília, 1999.

15. EPAL. *Manual do Cliente*, ([www.epal.pt](http://www.epal.pt)), consultado a 15 de Outubro de 2009.
16. PEDROSO, V. *Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios*. s.l. : LNEC, 2009.
17. Barbosa, R.. Associação Nacional de Conservação da Natureza. *Quercus*. [Online] 2006. [Citação: 10 de Outubro de 2009.] <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=674&articleID=1876>.
18. KATE GREENE. *Technology Review*. [Online] 30 de Junho de 2009. [Citação: 14 de Outubro de 2009.] <http://www.technologyreview.com>.
19. Ilha, M.; Gonçalves, O.; Kavassaki, Y.. *Sistemas Prediais de água Quente*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.
20. Geota. *Grupo de Estudos de Ordenamento do Território e Ambiente*. [Online] [Citação: 25 de Outubro de 2009.] <http://www.geota.pt/>.
21. <http://www.viega.com/>, consultado a 20 de Outubro de 2009.
22. <http://www.rainbird.pt>, consultado a 5 de Outubro de 2009.
23. PEREIRA, L. *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Mem Martins : Publicações Europa-América, Lda, 2004. ISBN 972-1-05427-5.
24. COELHO, C. *AveiroDomus Sub-projecto de Rega*. s.l. : Universidade de Aveiro, 2006.
25. PEDROSO, V. Regras de Instalação dos Diferentes Tipos de Tubagens. *Sistemas de Tubagens para Instalações de Água em Edifícios Hospitalares* . s.l. : LNEC, 2006.
26. SILVA-AFONSO, A. *Apontamentos sobre Instalações Hidráulicas e Prediais – Tomo I – Instalações Prediais de Águas e Esgotos*. s.l. : Universidade de Aveiro, 2001.
27. LNEC. *Instalações de águas e Esgotos em Edifícios*. Lisboa : s.n., 1999. ISBN 972-49-1182-9.
28. MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais*. s.l. : Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, 2007.
29. OLIVEIRA, A., SILVA-AFONSO, A., COSTA, V., FIGUEIREDO, J., COELHO, C., FIGUEIRA, E., PEREIRA, S. *Optimization of The Water Cycle in the “House of the Future” of The University of Aveiro*. Sarasota : s.n., 2006. International conference RSC 06 - Rethinking Sustainable Construction 2006. Next Generation of Green Building.
30. <http://insaar.inag.pt>., consultado a 25 de Outubro de 2009
31. <http://www.webciencia.com>, consultado a 20 de Junho de 2009.

32. <http://www.allianceforwaterefficiency.org/>, consultado a 20 de Maio de 2009.
33. ALMEIDA, D. *Controle e Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água*. s.l. : Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
34. MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água*. Brasil : Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2004.
35. IRAR. Instituto Regulador de Águas e Esgotos. [Online] [Citação: 20 de Setembro de 2009.] <http://www.irar.pt>.
36. [www.gustavocudell.pt/PT/reg.html](http://www.gustavocudell.pt/PT/reg.html), consultado a 8 de Outubro de 2009.
37. *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução*.
38. MINISTÉRIO DA REPÚBLICA DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES. Decreto Lei nº79/2006. *Diário da República*. s.l. : Ministério, 2006.
39. DGEG. Direcção Geral de Energia e Geologia. *Ministério da Economia e da Inovação*. [Online] [Citação: 25 de Outubro de 2009.] <http://www.dgge.pt/>.
40. <http://www.redytemp.com/>, consultado a 30 de Outubro de 2009.]
41. <http://www.grundfos.com>, consultado a 20 de Outubro de 2009
42. POÇAS, I. Sistemas de Rega por Aspersão. *Apostamentos das aulas de Técnicas de Regadio e Conservação do Solo*. s.l. : FCUP, 2007/2008.
43. RGEU, *Regulamento Geral das Edificações Urbanas*. Porto : Porto Editora, 1998. ISBN 972-0-06185-5.
44. SILVA-AFONSO, A. *Curso sobre Dimensionamento de Águas e Esgotos de acordo com as Normas Europeias*. Aveiro : ANQIP.